

**Índice de Sustentabilidade Ambiental
do Uso da Água (ISA_ÁGUA): Municípios
da região do entorno do Rio Poxim, SE**



República Federativa do Brasil

Luis Inácio Lula da Silva

Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues

Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Embrapa

Conselho de Administração

José Amauri Dimázio

Presidente

Clayton Campanhola

Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires

Hélio Tollini

Ernesto Paterniani

Luis Fernando Rigato Vasconcellos

Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Clayton Campanhola

Diretor-Presidente

Gustavo Kauark Chianca

Herbert Cavalcante de Lima

Mariza Marilena T. Luz Barbosa

Diretores-Executivos

Embrapa Meio Ambiente

Paulo Choji Kitamura

Chefe Geral

Geraldo Stachetti Rodrigues

Chefe-Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Maria Cristina Martins Cruz

Chefe-Adjunto de Administração

Ariovaldo Luchiari Junior

Chefe-Adjunto de Comunicação e Negócios



ISSN 1516-4675

Junho, 2004

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Monitoramento e Avaliação de Impacto Ambiental
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 22

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE

Aderaldo de Souza Silva
Cláudio César de Almeida Buschinelli
Isis A. Rodrigues
Ronilton Evandro Machado

Jaguariúna, SP
2004

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Meio Ambiente

Rodovia SP 340 - Km 127,5 - Tanquinho Velho
Caixa Postal 69 - Cep.13820-000, Jaguariúna, SP
Fone: (19) 3867-8750
Fax: (19) 3867-8740
www.cnpma.embrapa.br
sac@cnpma.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Geraldo Stachetti Rodrigues
Secretário-Executivo: Maria Amélia de Toledo Leme
Secretário: Sandro Freitas Nunes
Membros: Marcelo A. Boechat Morandi, Maria Lúcia Saito, José
Maria Guzman Ferraz, Manoel Dornelas de Souza, Heloisa
Ferreira Filizola, Cláudio César de A. Buschinelli

Normalização bibliográfica: Maria Amélia de Toledo Leme
Foto(s) da capa: Eliana Lima
Editoração eletrônica: Alexandre Rita da Conceição

1ª edição

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Silva, Aderaldo de Souza.

Índice de sustentabilidade ambiental do uso da água
(ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do rio Poxim, SE /
Aderaldo de Souza Silva, Cláudio César de A. Buschinelli, Isis A.
Rodrigues, Ronalton Evandro Machado. - Jaguariúna: Embrapa
Meio Ambiente, 2004.

46 p. - (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa
Meio Ambiente, ISSN 1516-4675; 22)

1. Água - Uso sustentável. 2. ISA-ÁGUA. 3. Sergipe -
Recursos hídricos. I. Buschinelli, Cláudio César de A. II.
Rodrigues, Isis A. III. Machado, Ronalton Evandro. IV. Série.

CDD 333.91

© Embrapa 2004

Sumário

Resumo	6
Abstracts	8
Introdução	10
Material e Métodos	11
Resultados e Discussão	23
Conclusões	38
Referências	41
Anexos	43

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA): municípios da região do entorno do Rio Poxim, SE

Aderaldo de Souza Silva¹

Cláudio César de Almeida Buschinelli²

Isis A. Rodrigues³

Ronalton Evandro Machado⁴

Resumo

Os recursos hídricos são cada vez mais vulneráveis à degradação provocada pelo desenvolvimento acelerado das cidades brasileiras, observando-se uma redução da qualidade e da quantidade dos mananciais disponíveis e o conflito no uso da água. Tal fato, também ocorre na região do Rio Poxim (SE), importante manancial para um grande número de propriedades rurais, tanto para consumo humano e animal quanto para irrigação, e mais recentemente, para uso industrial; abastece também a capital, Aracaju, de fundamental importância econômica em Sergipe. O Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA), representa uma proposta metodológica inovadora de suporte à implementação de um processo de gestão dos recursos hídricos para os municípios do entorno da região do Rio Poxim, já que se diferencia dos demais métodos pela análise integrada dos Perfis Social, Econômico e Ecológico de uma região. Considerou-se as características demográficas da população residente, dos domicílios, das atividades econômicas predominantes, juntamente com importantes aspectos ecológicos, permitindo uma avaliação do seu estado de conservação. Os dados secundários componentes dos Perfis Social e Econômico municipal, provieram

¹ Engenheiro Agrônomo, PhD em Impacto Ambiental, Embrapa Meio Ambiente, Rodovia SP 340, km 127,5. Cx.Postal 69, Jaguariúna (SP), Cep. 13820-000, aderaldo@cnpma.embrapa.br

² Ecólogo, PhD em Geografia, Embrapa Meio Ambiente, buschi@cnpma.embrapa.br

³ Geógrafa, Doutora em Demografia, bolsista pós-doutorado CNPq, isis@cnpma.embrapa.br

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor em Irrigação e Drenagem, Consultor, remachad@ieg.com.br

do IBGE para o ano 2000, referentes aos censos demográficos, às estatísticas vitais e aos levantamentos municipais. O Perfil Ecológico constituiu-se predominantemente de dados primários que abrangem inventários socio-ambientais dos pontos de captação de água e levantamentos nos pontos potenciais de poluição, bem como informações sobre a ocupação das terras no âmbito regional. O objetivo deste estudo foi traçar um panorama da região do Rio Poxim, através da análise integrada dos perfis citados, para obtenção do ISA_ÁGUA, auxiliando na indicação de medidas voltadas à conservação e uso dos recursos hídricos no âmbito regional. Aracaju distinguiu-se por sua estrutura econômica e dinâmica de ocupação do solo, com a boa oferta de bens e serviços à população residente; por outro lado, teve a condição ecológica prejudicada pela inadequada gestão ambiental, diante da grande concentração urbana e atividades econômicas, também maiores em termos regionais, acarretando um índice de sustentabilidade do uso da água igualmente ruim.

Index for Sustainability for Water Use (ISA_ÁGUA): counties of the Poxim region, Sergipe, Brazil

Abstract

Water resources are increasingly vulnerable to degradation due to the rapid growth of cities, resulting in diminishment of available sources and conflicts for water uses. Such a situation occurs also in the region of the Poxim River (Sergipe State, Brazil), a major water source for human and animal consumption and for irrigation in a large number of rural establishments; as well as the main source for urban-industrial use in the capital city Aracaju, fundamental for the state economy. The "Index for Sustainability Assessment for Water Use (ISA_ÁGUA) represents an innovative methodology for water resources management for the counties of the Poxim region, because unlike previously available methods, it integrates in one single approach the social, economic and ecological dimensions of a given region. Aspects related to the demography of the resident population, the predominant economic activities and the ecological features were considered for the assessment of water conservation needs of the Poxim River. Secondary data regarding the economic and social aspects at the municipal level of the watershed were obtained from the IBGE statistics for the year 2000. The ecological features were constituted predominantly by primary data obtained in field sampling for water collection sites, assessment of pollution point sources, as well as information about land use at the regional scale. The objective of the study was to picture the Rio Poxim region by the integrated evaluation of the referred dimensions, aiming at obtaining the ISA_ÁGUA index in order to provide indication of measures that might favor water resources

conservation at the regional level. Aracaju (the capital city) differed positively from the other regional areas due to its larger economic structure and land use dynamics, characterized by good provision of services and goods to the resident population. On the other hand, its ecological features were impoverished due to inadequate environmental management, under the pressures of the urban concentration and economic activities, resulting in a lower water use sustainability index.

INTRODUÇÃO

A sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim, na qual está inserida a área metropolitana de Aracaju, vem apresentando ao longo da última década intenso processo de ocupação, em grande parte desordenado, trazendo intervenções que afetam enormemente o meio ambiente. Esses impactos ambientais provocam uma grave diminuição na oferta hídrica, causada tanto pelo decréscimo da vazão do Rio Poxim quanto pelo aumento da poluição, comprometendo a sua qualidade para abastecimento.

Atualmente, o Rio Poxim contribui com apenas 30% para o suprimento de água em Aracaju, já tendo contribuído com 70% e havendo perspectivas de diminuir ainda mais este percentual. Por outro lado, o crescimento da grande Aracaju também vem ocasionando o acréscimo progressivo na demanda de água, não só pelo aumento populacional, mas também pela expansão do parque industrial do Estado, que está concentrado em suas proximidades.

Com esta crescente preocupação com o uso da água, uma equipe formada por técnicos locais vem desenvolvendo estudos integrados, visando transferir métodos, técnicas e processos de gestão ambiental dos recursos hídricos, atendendo à re-orientação da estratégia operacional do projeto ECOÁGUA do Convênio Agência Nacional de Águas – ANA e Embrapa 009/2001. Este projeto esteve sob a coordenação conjunta da Embrapa Meio Ambiente e da Unidade de Gestão dos Recursos Hídricos do PROÁGUA/Semi-árido e da Secretaria de Estado do Planejamento e da Ciência e Tecnologia (SEPLANTEC) e a Superintendência de Recursos Hídricos (SRH) do Estado de Sergipe, em parceria com a Embrapa Tabuleiros Costeiros, finalizado em 2002.

A metodologia do ISA_ÁGUA (Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água) foi desenvolvida inicialmente para a região do Submédio São Francisco (PROJETO, 2002), e aplicada em diferentes regiões e cenários produtivos nacionais, como na região de Picos no Piauí, altamente dependente do abastecimento de água pelo Aquífero Serra Grande (ELABORAÇÃO, 2003), e na região de Bebedouro em São Paulo (ÍNDICE, 2003), considerada um dos mais importantes pólos de citricultura do Brasil. Os resultados são bastante promissores pela possibilidade de integração de variáveis de distintas fontes, escalas e valores, através de procedimentos estatísticos e de tratamento digital da informação espacialmente georreferenciada, fornecendo mapas temáticos de grande valor para a tomada de decisão nas questões relativas aos recursos hídricos.

O desenvolvimento do ISA_ÁGUA para os municípios da região formada pela sub-bacia do Rio Poxim, SE, (PROPOSTA, 2003), vem contribuir para dar suporte a grupos locais de gestão ambiental, que propuserem medidas de manejo do uso da água, segundo critérios direcionados ao desenvolvimento sustentável local.

O objetivo principal destes estudos foi fornecer ao Estado ferramentas de gestão dos recursos hídricos para o atendimento da crescente demanda regional, com a atuação de profissionais das entidades de pesquisa, Universidade e outros órgãos governamentais e não governamentais (ONGs).

MATERIAIS E MÉTODOS

Área de Estudo

Localização e características físicas, socioeconômicas e demográficas

Segundo ANA (2001a), a sub-bacia hidrográfica do Rio Poxim ocupa uma área de cerca de 460 km² e faz parte da bacia hidrográfica do Rio Sergipe que drena uma superfície de cerca de 3.670 km², a qual é considerada a mais importante do Estado por acolher em seu curso final a cidade de Aracaju.

A sub-bacia do Rio Poxim é formada principalmente pelos rios Poxim-Mirim e Poxim-Açu, além do Rio Pitanga, riacho Timbó e outros tributários menores. De formato alongado, no sentido oeste - leste, a sub-bacia do Rio Poxim é limitada ao sul pela bacia do Rio Vaza-Barris e, ao norte, pelo Rio Sergipe (Fig. 1). As cabeceiras de seus dois principais rios localizam-se à oeste, na Serra Comprida, e sua foz a leste, no canal de Santa Maria, um canal artificial que liga o Rio Sergipe ao Vaza-Barris (SILVA, 2001).

A região está localizada na Zona Costeira de Sergipe (Fig. 1), sobre a bacia sedimentar Sergipe/Alagoas, onde predominam planícies típicas dos tabuleiros areno-argilosos. A vegetação nativa predominante, inserida no bioma da Mata Atlântica, atualmente se encontra restrita aos manguezais nos estuários, vegetação de restinga sobre os terrenos arenosos e alguns remanescentes da Floresta Tropical Úmida (BRASIL, 2001a).

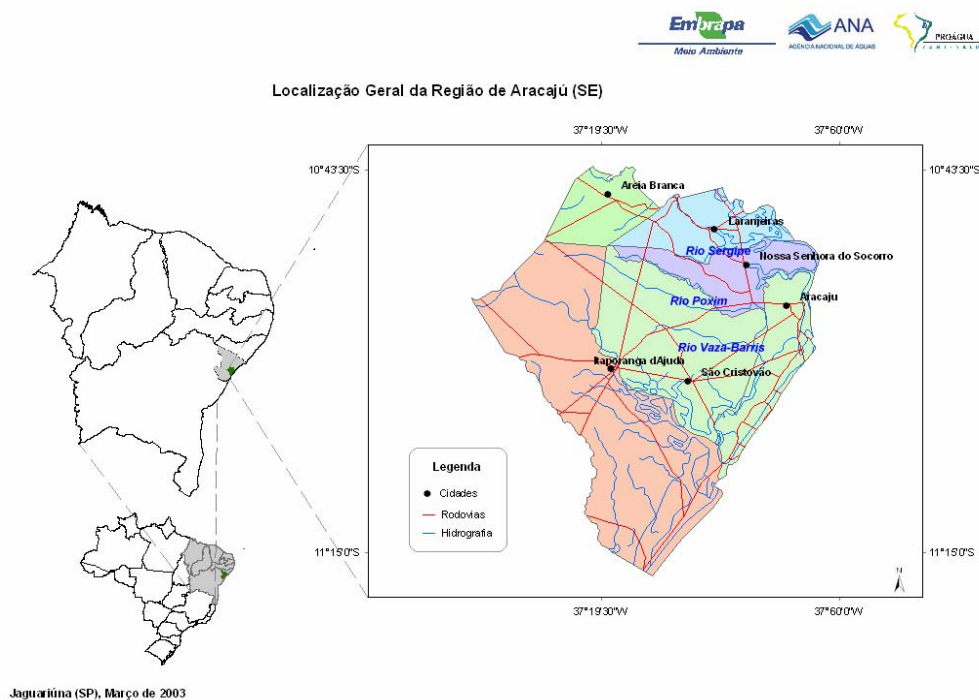


Fig. 1. Mapa de localização da área de estudo abrangendo os seis municípios na região da sub-bacia do Rio Poxim, SE.

No presente estudo, foram incluídos seis municípios localizados no entorno da sub-bacia do Rio Poxim, a saber: Aracaju, Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda, Laranjeiras, Nossa Senhora do Socorro e São Cristóvão (Fig. 1). O conjunto destes municípios totaliza uma área de cerca de 1.814 km², território este, que passaremos a denominar de região do Poxim (SE).

A Tabela 1 apresenta a população residente segundo a situação do domicílio e informações sobre educação, saúde, número de domicílios e área (km²) dos municípios da região do Poxim (SE). A população residente na região, em 2000, era de 721.726 pessoas, com um grau de urbanização igual a 96,04%. Esta população representava 40,4% da população do Estado de Sergipe, cujo grau de urbanização foi de 71,35% no mesmo ano.

Tabela 1. População residente segundo a situação do domicílio e informações sobre educação, saúde, domicílios e área municipal. região do Poxim (SE), 2000.

Município	População residente			Grau de Urbanização (%)	Domicílios particulares permanentes		Área (km ²)
	Total	Urbana	Rural		Número	População por Domicílio	
Aracaju	461.534	461.534	0	100	116.689	4,0	181,05
Areia Branca	14.824	6.809	8.015	45,93	3.433	4,3	128,46
Itaporanga d'Ajuda	25.482	9.159	16.323	35,94	5.779	4,4	754,31
Laranjeiras	23.560	21.213	2.347	90,04	5.380	4,4	162,79
N.Senhora Socorro	131.679	131.279	400	99,70	32.651	4,0	156,55
São Cristóvão	64.647	63.116	1.531	97,63	15.830	4,1	430,65
Total	721.726	693.110	28.616	96,04	200.567	4,0	1.813,81
Estado do SE	1.784.475	1.273.226	511.249	71,35	436.735	4,1	

EDUCAÇÃO

Município	Taxa de alfabetização	Estabelecimentos de ensino		
		Ensino pré-escolar	Ensino fundamental	Ensino médio
Aracaju	90,5	174	198	49
Areia Branca	69,1	19	20	1
Itaporanga d'Ajuda	67,8	15	49	1
Laranjeiras	77,3	20	23	1
N.Senhora Socorro	86,2	35	55	5
São Cristóvão	82,6	32	56	5
Total		295	401	62
Estado do SE	76,5			

SAÚDE (1999/2000)

Município	Hospitais	Leitos hospitalares	Unidades ambulatoriais	Postos de Saúde	Centros de saúde	* Ambulatórios
Aracaju	19	1.852	138	1	42	6
Areia Branca	0	0	7	5	0	0
Itaporanga d'Ajuda	1	13	12	9	1	0
Laranjeiras	1	36	13	9	2	1
N.Senhora Socorro	1	110	19	7	9	0
São Cristóvão	1	64	15	4	6	2
Total	23	2.075	204	35	60	9

Nota: * número de ambulatórios de unidade hospitalar – geral

Fonte: IBGE (2001). Base de Informações Municipais.

O município de Aracaju tem uma participação importante na concentração populacional, sobretudo a urbana, no âmbito estadual e regional. É o município mais populoso, representando 63,9% do total das pessoas residentes na região e 10% da área total (km²). Nossa Senhora do Socorro representa o segundo município em população (18,2%), embora seja um dos menores municípios da região em área (8,6%). Itaporanga d'Ajuda é o maior município em território, representando 41,6% da área regional, seguido de São Cristóvão (23,7%), mesmo representando pouco da população residente total (Tabela 1).

Na maioria dos municípios da região, a taxa de alfabetização foi superior a do Estado, com exceção de Areia Branca e Laranjeiras, demonstrando a forte influência do sistema educacional e equipamentos existentes em Aracaju. O melhor atendimento à saúde foi ainda mais acentuado neste município, baseado na existência de hospitais, disponibilidade de leitos, assim como demais unidades de saúde (Tabela 1).

Os Índices de Desenvolvimento Humano (IDH), para os municípios da região do Poxim (SE) e para o Brasil, em 1980, 1991 e 2000, estão apresentados na Tabela 2. Pode-se afirmar que houve uma melhoria nas condições de vida, consideradas na formulação do IDH da população no Brasil no período considerado, assim como nos

municípios da área em estudo. Aracaju e Nossa Senhora do Socorro apresentaram os melhores indicadores, reforçando as considerações anteriores referentes a estes municípios.

Tabela 2. Índice de Desenvolvimento Humano (IDH) para os municípios da região do Poxim (SE) e para o Brasil, 1980, 1991 E 2000.

Município	IDH-M			IDH-M Longevidade			IDH-M Educação			IDH-M Renda		
	1980	1991	2000	1980	1991	2000	1980	1991	2000	1980	1991	2000
Aracaju	0,710	0,770	0,794	0,538	0,666	0,729	0,642	0,832	0,901	0,950	0,703	0,752
Areia Branca	0,332	0,421	0,644	0,502	0,620	0,719	0,246	0,492	0,691	0,249	0,492	0,522
Itaporanga d'Ajuda	0,329	0,352	0,637	0,469	0,533	0,683	0,255	0,453	0,715	0,262	0,425	0,515
Laranjeiras	0,411	0,444	0,642	0,510	0,526	0,628	0,319	0,642	0,778	0,404	0,481	0,519
N. S. do Socorro	0,400	0,528	0,696	0,563	0,655	0,695	0,329	0,721	0,831	0,307	0,509	0,563
São Cristóvão	0,405	0,514	0,700	0,508	0,654	0,695	0,358	0,714	0,823	0,350	0,518	0,583
Brasil	0,679	0,713	0,764	0,531	0,662	0,710	0,577	0,745	0,830	-	0,681	0,720

Fonte: PNUD (2001); SPRAKEL (2003).

Principais atividades econômicas dos municípios da região do Poxim (SE)

A Zona Costeira de Sergipe, onde está situada a sub-bacia do Rio Poxim em quase toda sua totalidade pode ser dividida em duas áreas, com relação ao desenvolvimento de atividades econômicas: o Litoral Norte e o Litoral Sul. Os municípios de Aracaju, Nossa Senhora do Socorro e Laranjeiras localizam-se no Litoral Norte, onde se encontram dois dos três maiores pólos industriais do Estado, dois em Aracaju e um em Nossa Senhora do Socorro.

As indústrias são predominantemente dos setores extrativista mineral, de construção civil e de transformação ligadas à fabricação de tecidos, produtos alimentícios e beneficiamento de produtos agrícolas e couro (BRASIL, 2001b). Ainda destacam-se as indústrias de petróleo e gás natural (terceira maior produção do País - Petrobrás) e também indústrias de cloreto de sódio e potássio (para uso em fertilizantes e cimento).

Associada à existência desses pólos, essa área concentra a maior parte das atividades industriais e comerciais, bem como de serviços. A agropecuária é também desenvolvida na região, com destaque de grandes propriedades com as culturas de cana-de-açúcar (a maior usina de cana do Estado situa-se em Laranjeiras) e coco-da-baía, assim como pequenas propriedades de produção de subsistência, onde há principalmente a produção de milho (grão) e mandioca (BRASIL, 2001b).

Os municípios de São Cristóvão e Itaporanga d'Ajuda, pertencentes ao Litoral Sul, têm o turismo como a principal atividade econômica. Esta área tem uma infra-estrutura voltada para esta atividade (bares, restaurantes e pousadas) em amplo crescimento, sendo eleita pelo Governo do Estado como o sítio do desenvolvimento do ecoturismo. Para tal, algumas medidas de preservação e conservação já foram tomadas, como, por exemplo, a criação da Área de Preservação Ambiental APA - Litoral Sul, que visa disciplinar a ocupação humana da região, preservando manguezais e outros ecossistemas (BRASIL, 2001b).

Na agricultura, destacam-se, nestes municípios, em área plantada (ha), a cultura do coco-da-baía, cana-de-açúcar, milho e mandioca, pela sua importância regional. A criação de aves é destaque regional na pecuária, sobretudo nestes municípios, que apresentam também números superiores dos efetivos do rebanho bovino.

O município de Areia Branca não está inserido em nenhuma dessas regiões mencionadas. Areia Branca representa somente 2,1% da população total regional, sendo que a maioria concentra-se na área rural (grau de urbanização igual a 45,93%), assim como é o menor município em área (7,1% ou pouco mais de 128 km²). Areia Branca apresenta destaque regional na área plantada com cana-de-açúcar e na criação de aves.

As principais culturas e efetivos de rebanhos na pecuária, por município da região do Poxim (SE), podem ser vistos nas Tabelas 3 e 4.

Tabela 3. Principais culturas por município da região do Poxim (SE) e área colhida em hectares, em 1999.

Município	Aracaju	Laranjeiras	São Cristóvão	Nossa Senhora do Socorro	Areia Branca	Itaporanga d' Ajuda
Principais culturas e área colhida (ha)	banana (18)	cana-de-açúcar (2.750)	cana-de-açúcar (700)	milho grão (100)	laranja (631)	coco-da-baía (3.560)
						mandioca (620)
					mandioca (250)	laranja (797)
	coco-da-baía (2.500)	coco-da-baía (200)	coco-da-baía (2.100)	coco-da-baía (390)	milho - grão (110)	maracujá (66)
	mandioca (20)	mandioca (80)	milho - grão (210)	mandioca (95)	cana-de-açúcar (1106)	feijão - grão (33)
	manga (25)	milho - grão (100)	mandioca (150)	manga (95)	feijão - grão (118)	milho - grão (140)

Nota: valores entre parênteses

Fonte: Produção Agrícola Municipal, 1999. Base de Informações Municipais, IBGE (2001).

Tabela 4. Efetivos dos rebanhos nos municípios da região do Poxim (SE), em 1999.

Municípios	Efetivo dos rebanhos (número de cabeças)						
	bovinos	suínos	galináceo	eqüinos	muares	caprinos	ovinos
Aracaju	910	633	124.010	435	65	43	205
Areia Branca	3.121	1.214	217.822	337	256	21	214
Itaporanga d'Ajuda	14.245	2.318	259.895	823	244	46	876
Laranjeiras	5.960	153	10.430	400	145	36	185
N.Senhora Socorro	4.030	245	34.640	220	50	18	150
São Cristóvão	7.530	3.090	515.150	730	100	120	840
Total	35.796	7.653	1.161.947	2.945	860	284	2.470

Fonte: Produção Agrícola Municipal, 1999. Base de Informações Municipais, IBGE (2001).

Para o Estado de Sergipe como um todo, o setor comercial (e de serviços) é o setor mais representativo em termos de contribuição para o PIB. Representa 65,5% do PIB Sergipano, estando à frente dos setores Industrial (24,3%) e Agropecuário (10,2%), sendo o comércio de Aracaju o principal responsável por essa representatividade (BRASIL, 2001b). SILVA (2001) complementa esta informação afirmando que o setor está em forte ascensão com a construção de *Shopping Centers* e construção em larga escala de empreendimentos imobiliários. A Tabela 5 mostra a constituição do setor comercial para os municípios da região do Poxim (SE).

Tabela 5. Constituição do setor comercial dos municípios da região do Poxim (SE).

Município Serviço	Aracaju	Areia Branca	Itaporanga d´Ajuda	Laranjeiras	Nossa Senhora do Socorro	São Cristóvão
Construção	328	02	05	05	40	35
Comércio, reparação de veículos automotores, objetos pessoais e domésticos	4.839	21	59	58	340	206
Alojamento e alimentação	564	01	06	05	25	06
Transporte, armazenagem e comunicações	249	03	03	34	22	06
Intermediação financeira	138	01	03	03	02	02
Imobiliárias, aluguéis e serviços prestados à empresas	1.519	01	06	06	75	77
Administração pública, defesa e seguridade social	56	01	02	02	01	03
Produção e distribuição de eletricidade, água e gás	05	01	01	01	02	02
Educação	369	01	02	05	55	36
Saúde e serviços sociais	385	01	04	03	09	07
Outros serviços coletivos sociais e pessoais	782	05	11	25	37	25

Fonte: Cadastro Central de Empresas 1998. Base de Informações Municipais, IBGE (2001).

Principais problemas ambientais presentes na região

A exemplo da grande maioria das bacias hidrográficas localizadas dentro ou próximas a grandes centros urbanos no País, a sub-bacia do Rio Poxim sofreu e sofre os efeitos da ocupação municipal desordenada. O município de Aracaju, por exemplo, veio a instituir um plano diretor apenas em outubro de 2000 (ARAÚJO, 2001).

Assim, a infra-estrutura de saneamento básico não acompanhou o processo de urbanização destes municípios, acarretando o lançamento de esgotos em galerias pluviais ou diretamente nos rios e a disposição de resíduos sólidos nos cursos de água e em terrenos baldios (*Ibid*). Neste caso específico observa-se a preocupação da comunidade na proteção do manancial, com vistas a evitar os constantes lançamentos de despejos de lavagem “in natura” na rede coletora pluvial (Foto 1).



Foto 1. Solicitação da comunidade para se evitar o lançamento de lixo a céu aberto na calha do rio Poxim, em Aracaju (SE). Fotografia tirada em dezembro de 2001.

O relatório BRASIL (2001a) afirma que na região de Aracaju o serviço de esgoto atinge apenas 10% das casas, sendo que o restante é destinado aos estuários e praias, ocasionando graves problemas ambientais e de saúde, bem como comprometendo o potencial turístico da região. Salienta-se ainda, no mesmo documento, que os principais rios que banham Aracaju, incluindo-se o Rio Poxim, são os mais saturados pelos esgotos domésticos e industriais, geralmente clandestinos.

Alguns problemas ambientais existentes na região do Poxim foram relatados em vários documentos oficiais, constatando-se além da existência desses problemas, exemplos de fontes de degradação, o que em tese caracteriza um passo maior na direção do enfrentamento de tais questões, que se referem principalmente:

- À devastação de manguezais e matas ciliares causadas pela expansão urbana, gerando erosão e assoreamento (BRASIL, 2001a) – fato que pode ser exemplificado pela construção do Conjunto JK, às margens do Rio Poxim, em Aracaju (GOVERNO DE SERGIPE, s/d);
- À recepção de esgotos domésticos, como, por exemplo, das localidades do Conjunto Orlando Dantas, em Aracaju (GOVERNO DE SERGIPE, s/d) e industriais (BRASIL, 2001a), devido ao crescimento industrial da região não ter sido acompanhado por medidas adequadas de tratamento de resíduos (ARAÚJO, 2001);
- Existe também o escoamento de efluentes provenientes de propriedades agrícolas que carregam altas concentrações de matéria orgânica (currais e pocilgas) e agroquímicos (plantações) (GOVERNO DE SERGIPE, s/d). Por exemplo, esse mesmo documento ressalta, no município de Nossa Senhora do Socorro, no povoado de Palestina de Dentro, uma propriedade (Sítio Rancho do Zé) que capta água do Rio Poxim-Mirim para o cultivo de milho e para pocilgas, cujos dejetos escoam diretamente para o rio;
- À disposição inadequada de resíduos sólidos domiciliares, que são dispostos em grande medida, diretamente nos rios da sub-bacia ou às suas margens, devido ao precário sistema de coleta de lixo (ARAÚJO, 2001);
- Ao modo de operação e localização da “Lixeira da Terra Dura”, local de descarte final de todo o lixo produzido em Aracaju e São Cristóvão, desde convênio firmado entre as duas cidades em 1985. O lixão (Foto 2) está situado em região de grande adensamento populacional, relativamente próxima a cursos d'água (Canal de Santa Maria), e não é monitorado quanto à contaminação do sub-solo, emissão de gases tóxicos, nem tem um sistema de drenagem de chorume e de escape de gases (ARAÚJO, 2001);
- À falta de cuidados em áreas coletivas de preservação e lazer (GOVERNO DE SERGIPE, 2001).



Foto 2. Lixão a céu aberto na área de captação de água da região do Poxim, próximo à cidade de Aracaju (SE). Pesquisa de campo acompanhada por técnicos da SRH/SE, fotografia tirada em dezembro de 2001.

Desenvolvimento Metodológico

Dentro do marco conceitual da sustentabilidade ambiental¹, pode-se identificar três componentes fundamentais e indissociáveis: a dimensão ecológica, a dimensão econômica e dimensão social. Tais dimensões ou perfis definem e caracterizam os modos de uso e de ocupação do território no espaço e no tempo pelas comunidades envolvidas. Na prática, deve-se buscar a integração de objetivos muitas vezes conflitantes entre esses componentes, já que os anseios de desenvolvimento dos setores da sociedade são variados e não lineares.

A busca por indicadores de sustentabilidade é intensa e em vários campos do conhecimento, já que são considerados ferramentas precisas e de amplo uso em diferentes âmbitos e estratégias como, por exemplo, na hierarquização da performance de desenvolvimento de países (OECD, 1999, 2000), no manejo e planejamento ambiental de bacias hidrográficas (ARMITAGE, 1995), ou na avaliação da sustentabilidade do manejo das terras na escala de propriedades (SMYTH & DUMANSKI, 1995). A utilização destes indicadores foi consagrada de forma individualizada no *International Expert Meeting on Information for Decision: Making and Participation*, de 2000, realizado no Canadá (ONU, 2001).

Seguindo-se esta lógica e buscando-se a avaliação do uso sustentável dos recursos hídricos de uma região, os perfis econômico, ecológico e social são tratados de forma integrada e caracterizados individualmente, por grandes temas construídos com as informações provenientes de dados obtidos durante os levantamentos de campo, do tratamento digital das imagens de satélite e da base cartográfica em SIG, além dos dados censitários disponibilizados pela Fundação IBGE.

Como comentado anteriormente, a metodologia do ISA_ÁGUA (Índice de Sustentabilidade Ambiental do uso da Água) foi desenvolvida inicialmente para a região do Submédio São Francisco (PROJETO, 2002). No presente estudo, dirigido para a região do Poxim (SE) (PROPOSTA, 2003), na construção do ISA_ÁGUA foram selecionados seis municípios de seu entorno que constituem as unidades geográficas do trabalho. Estes, quando agrupados, permitem comparações segundo os perfis considerados, delineando a importância que cada município representa para a avaliação da sustentabilidade do uso dos recursos hídricos no âmbito regional.

O ISA_ÁGUA representa a descrição real quantitativa e qualitativa de componentes selecionados em cada tema formador dos perfis, aqui definidos como indicadores. As unidades geográficas de análise (municípios) são apresentadas espacialmente de forma hierarquizada, como mapas temáticos sintéticos, após a interação e análise estatística dos indicadores, representando distintos zoneamentos para cada tema considerado.

A Fig. 2 apresenta uma modificação do clássico triângulo da sustentabilidade, proposto por NIJKAMP (1990), onde o uso sustentável da água é o centro claro do triângulo menor, o qual visa de forma ideal, a harmonia entre os perfis ecológico, econômico e social que competem pelo uso dos recursos hídricos de uma região. Na Fig. 2, são também apresentados alguns dos indicadores de sustentabilidade utilizados neste estudo, os quais serão detalhados posteriormente.

¹ O conceito de desenvolvimento sustentável, consagrado em 1987 pela Comissão Mundial sobre o Meio Ambiente - CMMA (IBGE, 2002), foi utilizado neste estudo. Para indicadores, índices, normas e padrões, avaliação e monitoramento da qualidade das águas, seguiu-se as definições citadas pelo grupo de trabalho do Convênio de Cooperação Técnica Brasil-Alemanha, formado pela Agência Brasileira de Cooperação (ABC) e a BMZ (*Bundesministerium fur Wirtschaftliche Zusammenarbeit*), junto ao Instituto Ambiental do Paraná (PARANÁ, 1995).

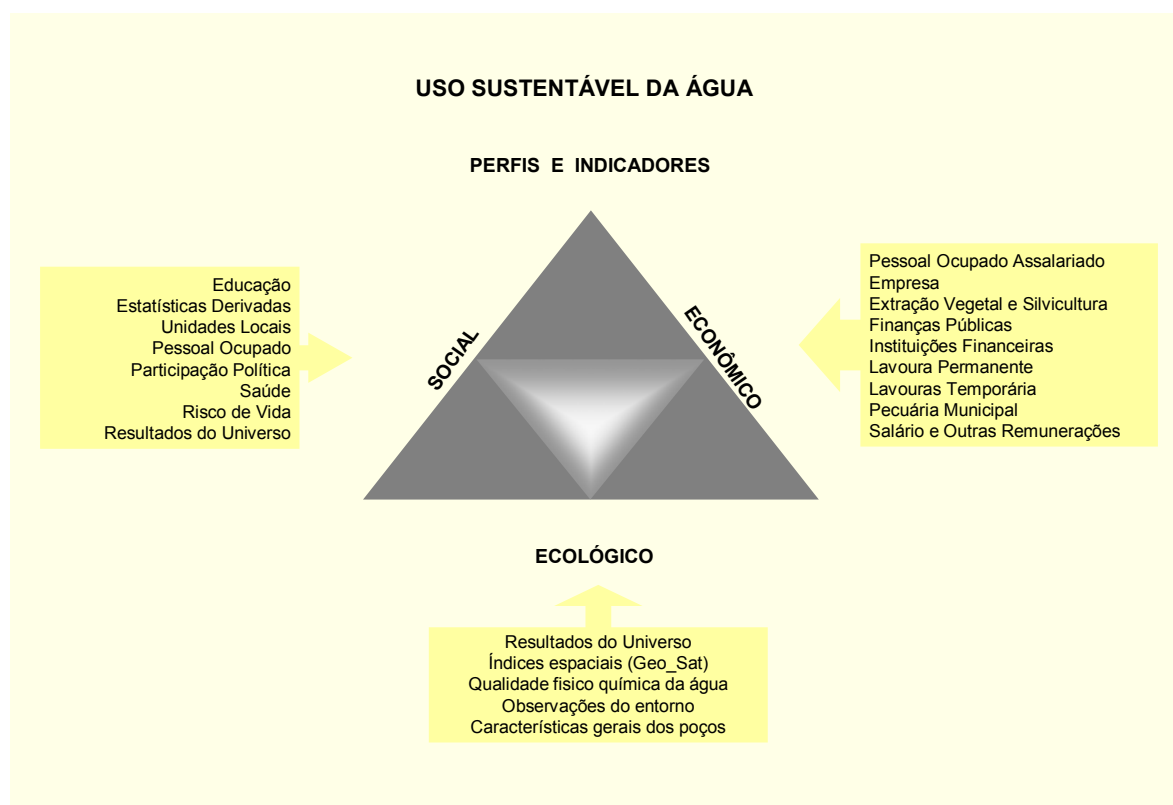


Fig. 2. Relação dos perfis e indicadores utilizados nas análises multivariadas para a construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) na região do Poxim (SE).

Fontes de dados e tratamento da informação

As bases de dados primários e secundários referentes a cada perfil tiveram distintas origens. O processamento dos perfis social e econômico foi realizado principalmente com dados secundários originários do Censo 2000 (IBGE, 2001).

Já os dados primários, gerados pelo próprio Projeto ECOÁGUA, no período de 2001 a 2002, foram fundamentais para a construção dos indicadores ecológicos, além de auxiliarem nos ajustes e co-validação das informações obtidas nas análises dos perfis social e econômico. Os distintos inventários georreferenciados realizados em campo que compuseram estas bases de dados foram:

- Inventário da qualidade ambiental das fontes de água, segundo norma ISO 14.001;
- Inventário das fontes potenciais de poluição;
- Inventário sócio-ambiental;
- Inventário de poços tubulares e cadastro de usuários;
- Inventário das fontes de água superficiais e cadastro de usuários;
- Tratamento da informação digital e geração dos mapas temáticos.

O tratamento digital das imagens de satélite e o geoprocessamento da base cartográfica da área constituem-se em importantes bases de informação, que foram obtidas de distintas fontes, mas fundamentalmente compostas por imagens Landsat, adquiridas pelo projeto, e por arquivos vetoriais disponibilizados pela ANA (2001b; 2001c).

As imagens² provêm do satélite Landsat que, após os devidos tratamentos e rotinas em SIG, como ajustes e registros geográficos de referência, composição do mosaico das cenas, recortes da área de estudo e tratamento digital, forneceram importantes índices espaciais, denominados em seu conjunto como Geo_Sat neste trabalho, que sintetizam de certa maneira o estado de conservação do território e sua potencialidade de sofrer eventos de degradação, como a erosão ou potencial poluidor urbano, entre outros.

² Cenas (215_067 de 20/05/2000 e 215_068 de 27/10/1997, nas bandas 3-4-5), georreferenciadas pelo sistema Mercator (datun SAD69 e Córrego Alegre – Fuso 24).

De maneira integrada, os arquivos vetoriais digitais de referência auxiliam sobremaneira na confecção de mapas e na projeção das informações secundárias levantadas pelo projeto, possibilitando a migração e atualização das mesmas através da base de dados relacional do SIG. Ou seja, para cada tipo de informação contida nos mapas temáticos, existe uma tabela que relaciona sua posição geográfica diante de um sistema de referência.

Tendo como pressuposto que a qualidade das águas é função dos fatores que interferem em suas propriedades (Fig. 3), a análise multivariada foi utilizada no processamento de todos os indicadores, com o objetivo de se definir a estrutura analítica de cada indicador e de seus respectivos índices, associados à sua variabilidade espacial.

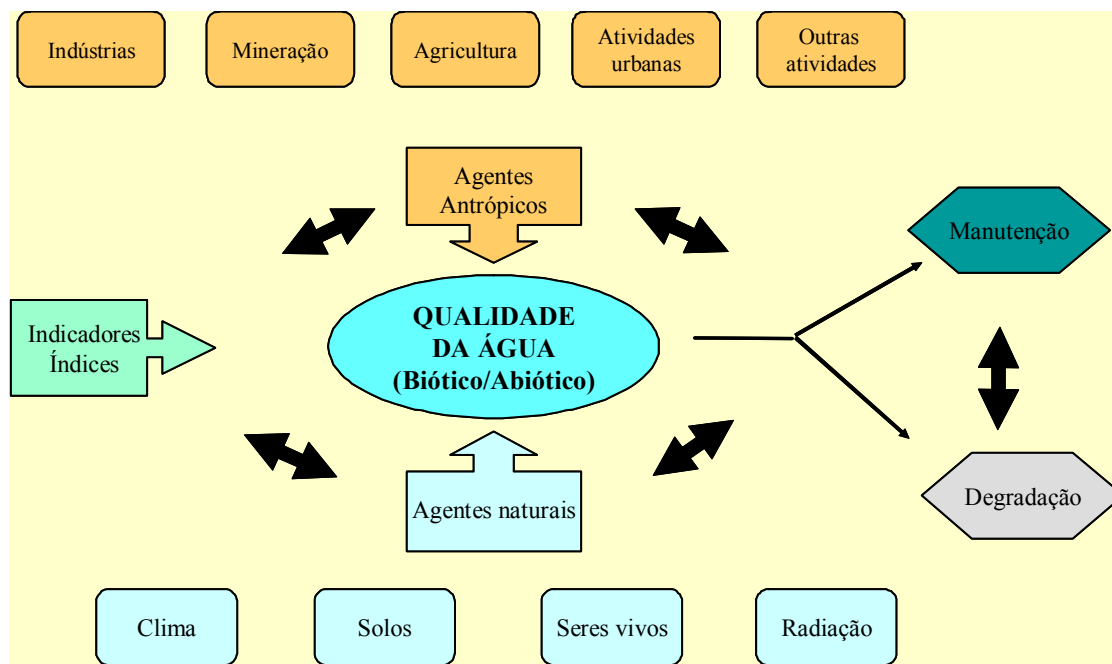


Fig. 3. Fatores e indicadores que interferem na qualidade das águas.

O pacote *Statistic Analysis System* - SAS® (SAS, 1999) foi usado para a análise estatística dos dados, sendo que em vez de se utilizar o método de Análise de Componentes Principais (ACP), utilizou-se o método Fatorial (Varimax rotacionado), uma vez que este define mais claramente quais variáveis estão mais associadas, e quais não estão, a um dado fator. Realizou-se a análise fatorial e a análise de agrupamento utilizando-se as variáveis selecionadas, para cada perfil considerado, para a obtenção do ISA_ÁGUA³.

Uma vez homogeneizada a base de dados e definida a unidade geográfica mínima de estudo (município), foi realizado o tratamento estatístico dos dados, através da análise discriminante. Esta análise serviu para classificar grupos homogêneos de forma natural, maximizando a separação entre grupos e homogeneizando os parâmetros no âmbito interno de cada grupo. Assim, como resultado da análise, foram obtidos quatro grupos homogêneos de municípios, os quais foram hierarquizados e expressos por um índice específico.

As bases de dados referentes a cada perfil foram homogeneizadas para um adequado cruzamento e integração com os planos cartográficos de referência. Foram empregadas técnicas de geoprocessamento e tratamento digital das imagens de satélite, abrangendo os municípios estudados na região (1.814 km²), com objetivo de obter índices de âmbito regional, e co-validação e extrapolação de resultados para outros locais.

Para o processamento do ISA_ÁGUA, foi construída uma base de dados única, formada pela integração das três bases correspondentes aos perfis já citados. As informações em formato digital foram integradas, analisadas e processadas tendo como unidade mínima de estudo o limite municipal dos seis municípios que compõem a região, já que esta é a menor unidade geográfica com informação oficial disponibilizada até o momento, pelo IBGE, para todo o território nacional.

Devido ao grande volume de dados processados, vale ressaltar que a realização do trabalho somente foi possível pela evolução e disponibilidade de equipamentos de posicionamento global por satélite (GPS), de análise de campo para parâmetros de qualidade de água, bem como dos programas informáticos de tratamento e análise de dados, como os estatísticos e os Sistemas de Informação Geográfica, entre outros.

³ Maior detalhe sobre os procedimentos das análises estatísticas é apresentado no Anexo I.

O processamento das distintas fontes de dados e sua posterior integração em ambiente de SIG foi desenvolvido conforme apresentado na Fig. 4, onde encontram-se os principais planos de informação como as imagens de satélite e os resultados de sua classificação e cartas topográficas e os planos derivados: hidrografia, hipsometria, infra-estrutura, entre outros.

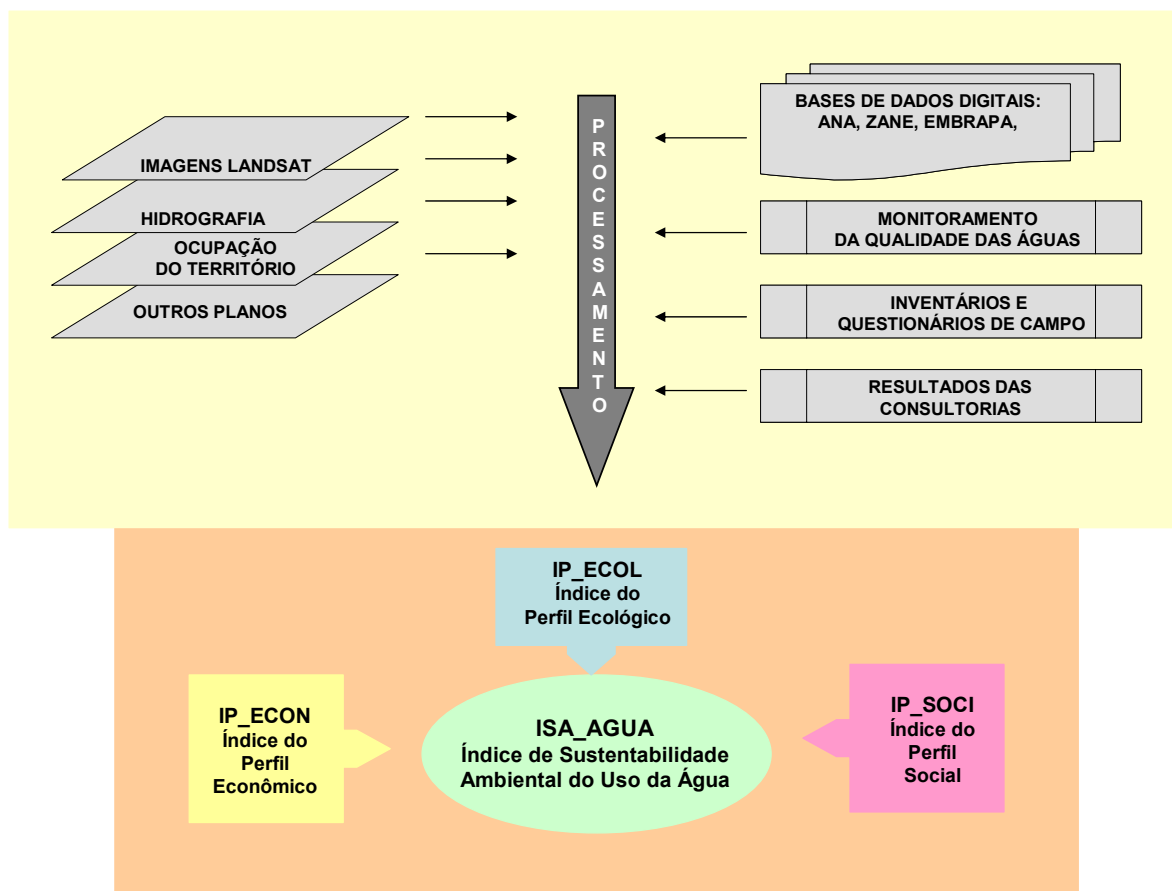


Fig. 4. Esquema metodológico geral do tratamento da informação.

Para o processamento em ambiente de SIG foram empregados diferentes programas, sendo o ArcMap8.2® (ESRI, 2001) o software básico para a espacialização, edição e saídas gráficas dos resultados. Para os procedimentos de tratamento digital das imagens de satélite e processamento digital das bases vetoriais e raster, utilizou-se também o IdrisiWin2.0® (EASTMAN, 2000).

Construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água

As análises estatísticas mencionadas anteriormente foram realizadas para cada município e para cada um dos perfis isoladamente (ecológico, econômico e social), através de matrizes de correlação das variáveis e das unidades geográficas de estudo, gerando os respectivos índices específicos IP_ECOL, IP_ECON e IP_SOCIAL. A análise fatorial identifica, entre todas as variáveis utilizadas em cada perfil, aquelas que mais se correlacionam e interferem nos fenômenos observados em cada unidade geográfica; possibilitando, ainda, identificar através das cargas fatoriais, a variável ou o conjunto destas (fatores) que mais caracteriza e discrimina as unidades de análise dentro do universo a que pertence.

O tratamento seguinte foi a análise de *cluster*, pela qual são formadas classes homogêneas das unidades geográficas de maneira hierárquica para cada perfil. Neste trabalho, foram definidas quatro classes, representando os índices elevado, alto, regular e baixo, expressos em mapas temáticos específicos nas cores azul, verde, amarelo e vermelho, respectivamente. O mesmo procedimento estatístico foi adotado para o cálculo do ISA_AGUA, integrando todas as variáveis dos perfis ecológico, econômico e social numa única matriz de correlação.

Perfil Econômico

O perfil econômico expressa as diferenças entre os municípios, referentes à estrutura econômica regional estabelecida com informações secundárias provenientes de levantamentos municipais do IBGE. Os diferentes aspectos do perfil econômico da sustentabilidade ambiental foram sintetizados em nove indicadores:

- Pessoal Ocupado Assalariado – formado pelos trabalhadores nas unidades locais, por número de pessoas ocupadas, o que caracteriza a absorção de mão-de-obra nestas unidades; e a caracterização da unidade local quanto ao ramo de atividades;
- Empresa – apresenta o número de sedes de empresas e de empresas com CNPJ atuantes na unidade territorial, na região, assinalando o pessoal ocupado e o ramo de atividade;
- Extração Vegetal e Silvicultura – apresentam as principais atividades relativas à categoria;
- Finanças Públicas – receitas e despesas orçamentárias;
- Instituições Financeiras – número de agências bancárias e valor das aplicações;
- Lavouras Permanentes – principais culturas na região;
- Lavouras Temporárias - principais culturas na região;
- Pecuária Municipal – efetivo dos rebanhos e derivados da produção animal;
- Salário e Outras Remunerações – valores pagos em reais, segundo o número de pessoal ocupado e ramo de atividades nas unidades locais.

Estes indicadores retrataram o perfil macroeconômico e financeiro, indicando o consumo e a demanda relativa aos recursos materiais e uso dos recursos naturais, sobretudo por meio das atividades econômicas desenvolvidas na área. Deve-se considerar que, segundo o IBGE (2002), esse é um perfil que incorpora em sua análise objetivos de eficiência dos processos produtivos e alterações nas estruturas de consumo, orientadas à produção econômica sustentável em longo prazo.

Os indicadores do perfil econômico geram o IP_ECON – Índice do Perfil Econômico, o qual expressa de maneira hierárquica o desempenho das unidades geográficas estudadas na forma de um mapa temático específico, como mencionado acima.

Perfil Social

O perfil social apresenta características demográficas da população residente na região do Poxim (SE), com informações provenientes dos levantamentos municipais realizados pelo IBGE. Foram incluídos oito indicadores para esta análise:

- Educação – representada pelas matrículas, pelos docentes e estabelecimentos de ensino fundamental, médio e pré-escolar. Estas variáveis abrangem as escolas públicas (federal, estadual e municipal) e as escolas particulares;
- Estatísticas Derivadas – apresenta a média do pessoal ocupado e dos salários pagos nos estabelecimentos existentes e a concentração do pessoal ocupado e dos salários pagos, nas maiores empresas da região ;
- Unidades Locais – empresas com CNPJ, segundo número de pessoas ocupadas e ramo de atividade;
- Pessoal Ocupado – em unidades locais, segundo o número de pessoas e ramos de atividades;
- Participação Política – dados relativos à eleição municipal: eleitores, seções eleitorais e votos;
- Saúde – equipamentos médicos (hospitais, leitos hospitalares, etc.), causas de morte e óbitos por idade;
- Risco de Vida – informações sobre nascidos vivos, uniões e óbitos (registros por local de ocorrência), e
- Resultados do Universo – informações sobre a população residente.

Com estes indicadores foi possível gerar o IP_SOCI – Índice do Perfil Social para as unidades geográficas avaliadas, expresso na forma de um mapa temático específico deste perfil.

Perfil Ecológico

O Perfil Ecológico contou com dados secundários referentes aos domicílios particulares permanentes existentes na região do Poxim (SE), provenientes de levantamentos censitários IBGE (2001).

Considerando-se a dificuldade em se encontrar indicadores ecológicos que mensurem a saúde do ambiente, uma vez que diferentes indicadores enfocam diferentes aspectos da saúde do ecossistema, sendo necessário aplicar vários indicadores simultaneamente para se obter uma imagem de sua integridade (NEHER, 1992), elaborou-se um intenso levantamento de outras informações para a construção do Perfil Ecológico em trabalho de campo, realizado no período de setembro de 2001 a fevereiro de 2002 para obtenção de dados primários em duas etapas.

A primeira objetivou o levantamento dos poços de captação de água e fontes potenciais de poluição, considerando-se como locais críticos, pontos de captação de água municipais e particulares, de despejo de lixo e efluentes, provenientes das mais variadas fontes (indústrias, núcleos residenciais, propriedades rurais, etc.) e áreas de desmatamento das matas ciliares e dos manguezais. Alguns dos locais visitados e georreferenciados são apresentados no Anexo II.

Na segunda etapa, foi realizado um inventário sócio-ambiental com a aplicação de questionários junto aos responsáveis pela manutenção das fontes de água, objetivando a caracterização dos pontos de captação de água e fontes potenciais de poluição na região do Poxim (SE) (um modelo do questionário aplicado é apresentado no Anexo III).

As visitas foram georreferenciadas com GPS e a aplicação dos questionários foi desempenhada por uma equipe de monitores de água, que obtiveram treinamento e formação durante o *“Curso de Formação de Monitores de Água de Apoio à Gestão dos Recursos Hídricos em Sergipe”*, realizado em Aracaju no período de 11 a 13 de dezembro de 2001, dentro do âmbito do Projeto ECOÁGUA.

O Perfil Ecológico foi construído por meio de análise integrada de 18 indicadores, apresentados de maneira agrupada, segundo sua fonte de informação, conforme descrito a seguir:

- Resultados do Universo (características dos domicílios);
- Índices Espaciais (Geo_Sat) derivados do tratamento digital da base cartográfica e das imagens de satélite como, por exemplo: índice de urbanização, de proximidade de núcleos urbanos, de relevo, de escoamento fluvial, de vulnerabilidade à poluição urbana, erodibilidade potencial e cobertura vegetal;
- Qualidade das águas superficiais e subterrâneas para parâmetros físico-químicos, além da presença de metais pesados;
- Observações do entorno das fontes de água, que qualificam o recinto ou a localização do poço; e por características gerais dos poços, como profundidade, vazão, presença de animais no recinto dos poços, proximidade de fossa ou depósito de lixo, ou esgoto.

Os indicadores resultantes do Perfil Ecológico, após o mesmo tratamento estatístico e em ambiente SIG anteriormente descrito, determinam um índice específico para cada município, chamado de IP_ECOL – Índice do Perfil Ecológico. Tal índice caracteriza e classifica o desempenho de cada unidade geográfica frente ao seu universo, segundo o conjunto de indicadores selecionados, podendo ser expresso na forma de um mapa temático.

O Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) para a região do Poxim (SE), foi obtido a partir da integração dos Perfis Econômico, Social e Ecológico, utilizando-se as variáveis formadoras dos respectivos indicadores e aplicando-se a mesma metodologia analítica, caracterizando ao final, os municípios segundo a contribuição para o uso sustentável da água.

A espacialização destes índices, na forma de mapas temáticos através do SIG, permite a integração de diferentes planos de informação e, assim sendo, a elaboração de zoneamentos das unidades geográficas segundo o tema ou característica de interesse, constituindo-se em importante instrumento de planejamento para políticas públicas.

Esta abordagem metodológica permitiu o levantamento e cruzamento de informações que ainda não haviam sido analisadas conjuntamente, gerando um resultado que permitirá aos grupos de gestão ambiental dos recursos hídricos conhecer os problemas, as causas e indicar as ações que possam ser tomadas para que os problemas encontrados sejam eficazmente solucionados.

O engajamento comunitário no processo de levantamento de dados das fontes de água, representado pelo treinamento dos monitores de água que conduziram grande parte da aplicação dos questionários dos inventários sócio-ambiental, tem se mostrado bastante eficaz como estratégia de trabalho, principalmente quando acompanhada de levantamentos da qualidade das águas mediante o uso de Ekokits (PROJETO, 2002; EMBRAPA, 2003). Além do fato de ser uma forma de inclusão social no difícil processo de gestão participativa dos recursos naturais, pelo simples fato de contribuir para a conscientização e educação ambiental.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Proposta metodológica de apoio à implementação do sistema participativo de gestão dos recursos hídricos

O Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) da região do Poxim (SE), traz uma análise regional, integrando os Perfis Econômico, Social e Ecológico de forma a sintetizá-los como resultante do uso e ocupação do território, enfocando os recursos hídricos como o centro do diagnóstico da problemática ambiental.

Serão apresentadas a seguir as análises para cada um desses perfis, com os respectivos índices de sustentabilidade para todos os municípios pertencentes à região e o ISA_ÁGUA resultante, com as condições que caracterizam os municípios, segundo a sua performance ambiental relativa ao uso da água.

Perfil Econômico

A região formada pelos seis municípios que integram a região do Poxim (SE) apresenta o setor terciário, representado pelo comércio e serviços, como o mais importante para a sua economia, seguido do setor secundário, caracterizando-se como importante pólo industrial estadual. O setor primário apresenta a área plantada com cana-de-açúcar e coco-da-baía como representativa das principais culturas, e a existência de pequenas propriedades com importância ao nível regional, sendo estas destinadas, principalmente, à cultura de subsistência.

O Perfil Econômico, com a análise direcionada a sustentabilidade ambiental do uso da água, foi construído abordando-se a estrutura econômica e os padrões de produção e consumo regional, de forma a obter-se parâmetros de análise que definam a condição econômica da região em estudo, traçando, ao final, comparações no âmbito municipal. Neste segmento aparecem sistematizadas 245 variáveis, agrupadas em nove indicadores, provenientes de dados secundários disponibilizados pelo IBGE (2001).

As variáveis que compuseram esses indicadores foram estatisticamente agrupadas em quatro fatores que evidenciaram as principais características macroeconômicas capazes de diferenciar municípios no contexto regional, como descritos a seguir:

Fator 1 – Movimentação de Capital. As variáveis que distinguem os municípios por este fator são principalmente relativas às despesas e receitas orçamentárias realizadas em função de investimentos em transportes, transferência de capital e impostos sobre o patrimônio e a renda. Os indicativos de empresas ligadas à administração pública e intermediação financeira também estão presentes. Aracaju é o município que se destaca neste fator, com a participação de 80% a 99% da movimentação de capital regional representada por estas variáveis.

Fator 2 – Agricultura e Extração Vegetal. As culturas de mamão, limão e fava (grão) evidenciam o município de Itaporanga d' Ajuda como o único produtor, com certa importância regional. Da mesma forma, a extração vegetal de madeiras em forma de lenha (quantidade em m³ e valor em reais) e madeira em tora (quantidade m³) diferenciam Itaporanga d' Ajuda dos demais municípios da região.

Fator 3 – Citricultura e outras lavouras permanentes e temporárias. As variáveis que distinguem os municípios por este fator são referentes às plantações de banana e laranja (lavouras permanentes) e às plantações de amendoim (casca), melancia, tomate e o milho (grão) (lavouras temporárias).

Fator 4 – Pecuária. Efetivos de suínos, galináceos e caprinos estão presentes nos municípios da região, diferenciando São Cristóvão e Itaporanga d' Ajuda nos efetivos destes rebanhos no âmbito regional.

A partir do Perfil Econômico, elaborou-se a análise de agrupamentos das principais variáveis consideradas na caracterização da condição econômica de cada um dos municípios estudados, com relação à condição econômica estabelecida para a região. Atribui-se a estas condições os Índices do Perfil Econômico que são representados por: IP_ECON elevado, alto, regular e baixo, segundo seu desempenho diante do conjunto de municípios avaliados.

A Tabela 6 apresenta a hierarquização dos seis municípios da região do Poxim (SE), segundo os Índices do Perfil Econômico (IP_ECON). Estes índices estão espacializadas na Fig. 5, caracterizando o zoneamento da região pela perspectiva das variáveis econômicas.

Na mencionada tabela, bem como nas posteriores, apresentadas para os seguintes perfis, a hierarquização dos municípios refere-se a análise de agrupamentos, representada em destaque nas correspondentes cores: 1 – elevado (azul); 2 - alto (verde); 3 – regular (amarelo); e 4 - baixo (vermelho). Optamos por manter a grafia

inglesa para a palavra *cluster*, que significa agrupamento, por ser de amplo uso no meio científico, apesar de não oficialmente componente da língua portuguesa.

Tabela 6. Hierarquização de seis municípios localizados na região do entorno do Poxim (SE), em função da construção do Perfil Econômico (IP_ECON).

Ordem	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Cluster	Taxa	IP_ECON
1	Aracaju	37° 04' 19"	10° 54' 42"	52	1	2.13	0.0213
2	N. S. do Socorro	37° 07' 35"	10° 51' 20"	29	2	6.38	0.0638
3	Areia Branca	37° 18' 56"	10° 45' 30"	112	3	12.77	0.1277
4	Itaporanga d'Ajuda	37° 18' 39"	10° 59' 55"	81	3	19.15	0.1915
5	São Cristóvão	37° 12' 24"	11° 00' 55"	43	3	25.53	0.2553
6	Laranjeiras	37° 10' 13"	10° 48' 25"	87	4	34.04	0.3404

O município de Aracaju recebeu a condição do IP_ECON elevado, em cor azul no mapa temático, pelas características econômicas municipais de destaque regional e pelos investimentos em infra-estrutura urbana, sem comparação na região.

Com IP_ECON alto, na cor verde, ficou o município de Nossa Senhora do Socorro. Com IP_ECON regular, na cor amarela, ficaram Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e São Cristóvão. Com o IP_ECON baixo, em cor vermelha, somente o município de Laranjeiras (Fig. 5).

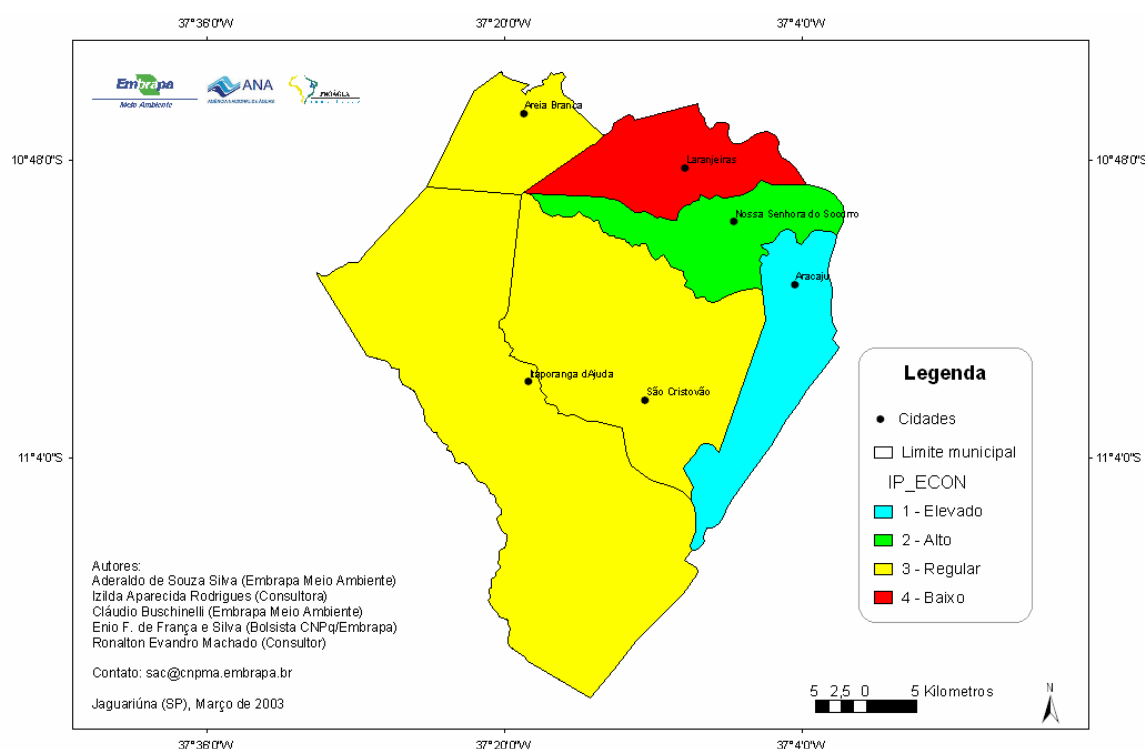


Fig. 5. Mapa Temático do Índice do Perfil Econômico dos seis municípios da região do entorno do Poxim, SE.

Os municípios mais representativos da situação econômica regional foram Laranjeiras e São Cristóvão no Perfil Econômico, pois acusaram a problemática da falta de recursos que caracterizam a região. O Índice do Perfil Econômico elevado (IP_ECON) característico de Aracaju representou apenas 2% da condição regional, enquanto o IP_ECON de Laranjeiras (condição baixa), representou quase 35%. Por outro lado, a condição regular, dada por Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e São Cristóvão representaram mais de 57% da condição regional. Isso indica uma condição econômica pouco satisfatória na região do Poxim (SE) como um todo, já que somente Aracaju recebeu o valor elevado de IP_ECON, com uma carga fatorial de cerca de 2% (Tabela 6 e Fig. 6).

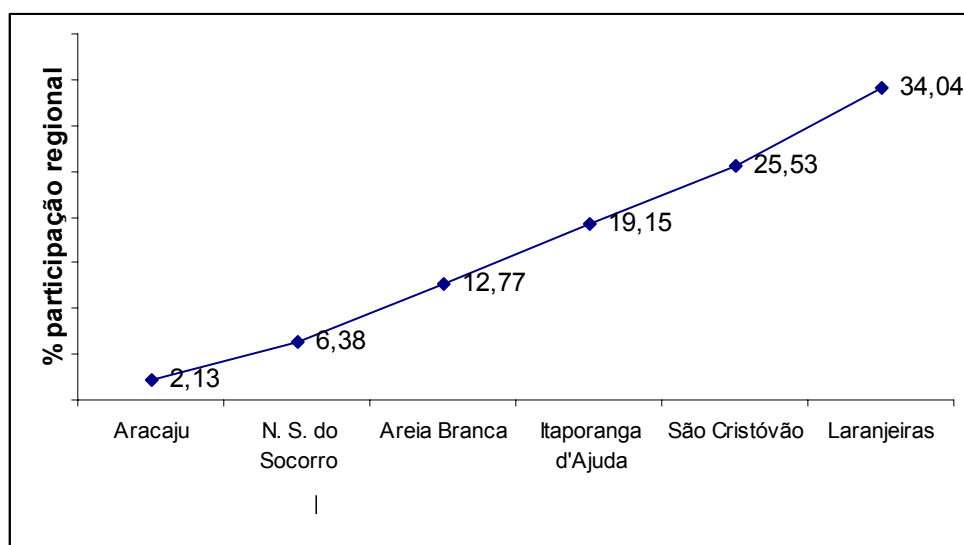


Fig.6. Taxa percentual da participação municipal no Índice do Perfil Econômico (IP_ECON) na região do Poxim (SE).

Perfil Social

Para a análise do Perfil Social foram utilizadas 185 variáveis, derivadas de oito indicadores, provenientes de dados secundários disponibilizados pelo IBGE (2001). Estas variáveis foram agrupadas em quatro fatores que evidenciam as principais características que diferenciam os municípios da região, como segue:

Fator 1 – Estrutura urbana. As variáveis que diferenciam os municípios neste fator ligam-se ao pessoal ocupado em atividades características da área urbana, como intermediação financeira, outros serviços coletivos, sociais e pessoas, saúde e serviços sociais e educação. Outras variáveis, referentes à educação, saúde e registro de óbitos ocorridos na região denotam a dinâmica de ocupação urbana predominante em Aracaju, diferenciando-o do restante dos municípios na região.

Fator 2 – Educação e Salários/Empresas. As variáveis que diferenciam os municípios na região são relativas à taxa de alfabetização. Estas variáveis distinguem os municípios de Aracaju e Nossa Senhora do Socorro dos demais. Os salários pagos no ano, nas oito maiores empresas em unidade territorial, distinguem igualmente Aracaju.

Fator 3 – Inserção do Pessoal Ocupado. A variável relacionada às médias do pessoal ocupado e dos assalariados nas unidades locais destaca o município de Nossa Senhora do Socorro neste fator.

Fator 4 – Salários. Este fator diferencia os municípios segundo o salário médio (salário/PO assalariado) nas unidades locais e outras referências ligadas à média de salários pagos na região.

A classificação dos municípios, segundo o Perfil Social, foi baseada na análise de *cluster* das principais variáveis consideradas, para a caracterização da condição social de cada um dos municípios com relação à condição relativa estabelecida para a região. Atribui-se a estas condições o Índice do Perfil Social que são representados por: IP_SOCl elevado, alto, regular e baixo, conforme apresentado na Fig. 7.

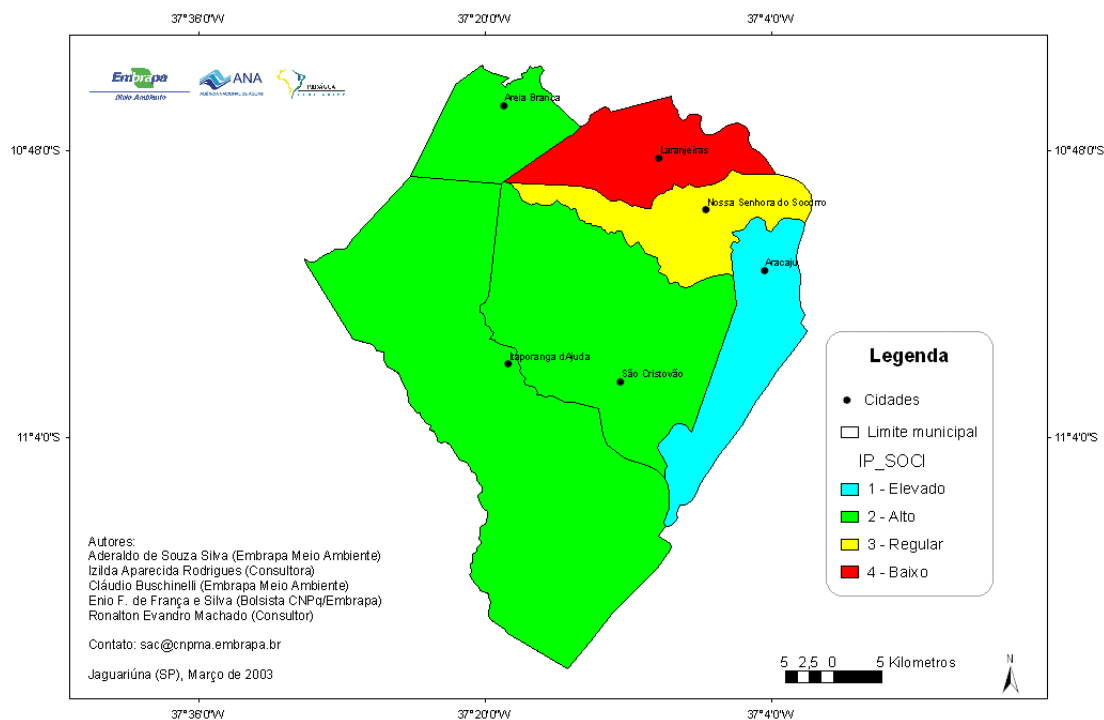


Fig. 7. Mapa Temático do Índice do Perfil Social dos seis municípios da região do entorno do Poxim, SE.

A Tabela 7 apresenta a hierarquização dos seis municípios da região do Poxim (SE), segundo o Índice do Perfil Social (IP_SOCI). Novamente Aracaju apresentou o IP_SOCI elevado, em cor azul, e Laranjeiras o IP_SOCI baixo, em cor vermelha, afirmando a melhor e pior condição social, respectivamente, relativa na região do Poxim (SE). Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e São Cristóvão apresentaram o IP_SOCI alto, em cor verde e Nossa Senhora do Socorro, o IP_SOCI regular, em amarelo.

Tabela 7. Hierarquização de seis municípios localizados na região do Poxim (SE), em função da construção do Perfil Social (IP_SOCI).

Ordem	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Cluster	Taxa	IP_SOCI
1	Aracaju	37° 04' 19"	10° 54' 42"	52	1	2.50	0.0250
2	Areia Branca	37° 18' 56"	10° 45' 30"	112	2	7.50	0.0750
3	Itaporanga d'Ajuda	37° 18' 39"	10° 59' 55"	81	2	12.50	0.1250
4	São Cristóvão	37° 12' 24"	11° 00' 55"	43	2	17.50	0.1750
5	Nossa S. do Socorro	37° 07' 35"	10° 51' 20"	29	3	25.00	0.2500
6	Laranjeiras	37° 10' 13"	10° 48' 25"	87	4	35.00	0.3500

A situação da representatividade municipal da condição social está um pouco melhorada em relação à comparação feita para o Perfil Econômico. Laranjeiras, novamente representou 35% da condição regional, dada pelo IP_SOCI na condição baixa, enquanto Aracaju apresentou o IP_SOCI elevado com baixa representatividade regional (2,5%). Entretanto na condição do IP_SOCI regular apareceu o município de Nossa Senhora do Socorro com 25% da representatividade regional, ficando o restante (quase 38%) para a condição alta (Fig. 8).

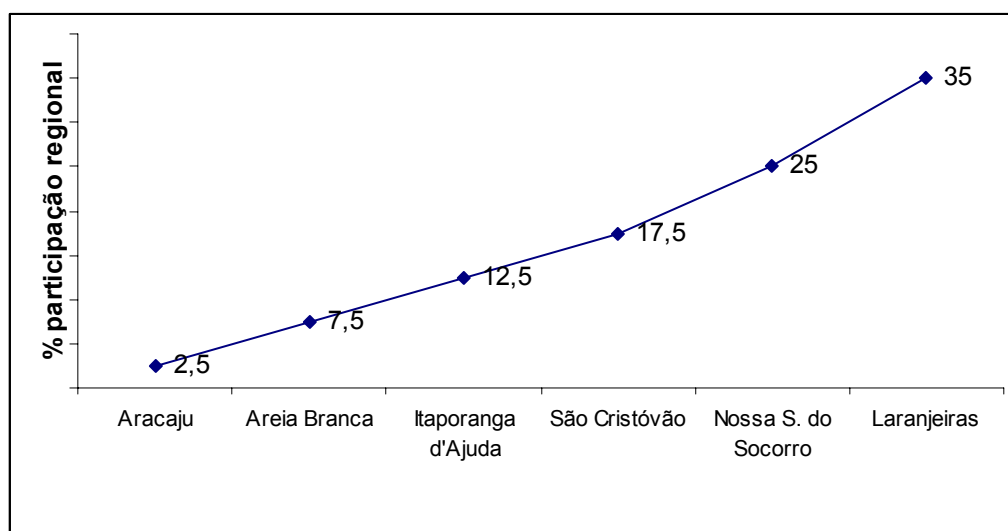


Fig. 8. Taxa percentual da participação municipal no Índice do Perfil Social (IP_SOC) na região do Poxim (SE).

Perfil Ecológico

As variáveis utilizadas na construção do Perfil Ecológico da região do Poxim (SE) derivaram de 18 indicadores obtidos de diferentes fontes de informação.

O indicador denominado Resultado do Universo foi proveniente de dados secundários disponibilizados pelo IBGE (2001) e o restante dos indicadores, considerados para a qualificação da qualidade da água e o potencial de sua degradação, provieram de dados primários, como inventários efetuados na área em estudo e tratamento digital da base cartográfica da região.

Para a construção do Perfil Ecológico foram calculados vários índices intermediários, a seguir apresentados, iniciando pelo inventário sócio-ambiental. Em seguida, comentam-se os dados do inventário da qualidade das fontes de água, finalizando pelos índices derivados do tratamento digital da base cartográfica e das imagens de satélite, expressos com a terminação "SAT".

Inventário sócio-ambiental

As informações levantadas pelo questionário sócio-ambiental, preparado como parte da metodologia de levantamento de dados deste projeto, referem-se a comunidades situadas no entorno do Rio Poxim e seus afluentes, com o objetivo de mapear as condições sócio-ambientais na área, buscando-se localizar fontes potenciais de degradação.

Vale destacar que este inventário foi realizado pelos monitores treinados pelo projeto, conforme comentado anteriormente.

No total, são 318 pontos analisados, dos quais 315 têm sua localização georreferenciada. A escolha dos pontos analisados teve como parâmetro a existência de fontes de captação de água para consumo humano. As entrevistas foram realizadas em diferentes instalações distribuídas nesses pontos, a saber: residenciais na área urbana (121), residenciais em área rural (161), industrial (06), comercial (20), agropecuária (04) e outras instalações (06).

Devido à extensão da análise do resultado dos questionários do inventário sócio-ambiental, um resumo das informações por setores, relativas aos principais resultados deste levantamento nos poços de captação de água que dão suporte as discussões sobre o Perfil Ecológico na região, é apresentado nas Tabelas 8, 9, 10 e 11.

Tabela 8. Disposição final de lixo por setores.

Total de instalações	Indústria	Agropecuária	Comércio	Res. Urbana	Res. Rural	Outros
	6	4	20	121	161	6
Queimado	1	3	6	40	119	4
Enterrado	0	0	1	6	8	1
Meio ambiente	0	0	0	7	16	0
Lixão	4	0	12	53	4	1
Aterro controlado	0	0	0	3	10	0
Aterro sanitário	1	1	1	8	0	0
Não respondeu	0	0	0	4	4	0

Tabela 9. Disposição final de esgoto de banheiro por setores.

Total de instalações	Indústria	Agropecuária	Comércio	Res. Urbana	Res. Rural	Outros
	6	4	20	121	161	6
Sistema de captação municipal	0	0	3	0	0	1
Tratamento na instalação	0	0	0	0	0	-
Fossa Séptica	6	3	12	101	143	4
Fossa negra	0	0	0	1	0	-
Fossa biodigestora	0	0	-	0	0	-
Céu aberto	0	1	3	18	7	1
Não responderam	0	0	2	1	11	-

Tabela 10. Disposição final de efluentes por setores.

Total de instalações	Indústria	Agropecuária	Comércio	Res. Urbana	Res. Rural	Outros
	6	4	20	121	161	6
Sistema de captação municipal	1	0	4	-	0	1
Tratamento na instalação	0	0	0	-	0	0
Fossa séptica	4	3	11	23	91	0
Fossa negra	0	0	0	-	0	4
Fossa biodigestora	0	0	0	-	0	0
Céu aberto	1	1	2	96	59	1
Não responderam	0	0	3	2	11	0

Tabela 11. Consumo humano de água sem tratamento.

Total de instalações	Indústria	Agropecuária	Comércio	Res. Urbana	Res. Rural	Outros
	6	4	20	121	161	6
Nº instalações que consomem água sem tratamento	1	2	7	46	63	2

Do trabalho em campo e com as informações apresentadas acima, obteve-se o seguinte quadro configurando a maior parte das instalações levantadas como residências (89%), que ocupam uma pequena área (até 1 ha – 76%), com até dez pessoas (86%) residindo ou trabalhando no local. Em aproximadamente a metade delas (55%), o proprietário reside na instalação, com a captação de água diretamente relacionada à sub-bacia do Rio Poxim (46%).

Quanto à abrangência dos serviços públicos para as instalações visitadas, verificou-se que 58% delas não contam com a coleta municipal de lixo, o que explica os procedimentos adotados pela maioria, que apresentam como destino final do lixo: queimado, enterrado e deixado no meio ambiente, chamando a atenção para o fato de que das 318 instalações visitadas, 173 queimam seus resíduos, o que representa 54% do total.

Quanto aos esgotos de banheiro, verificou-se que somente por volta de 1% das instalações destinam seus esgotos em um sistema municipal canalizado, ligados ao setor do comércio. A disposição final do esgoto proveniente de banheiros para a grande maioria das instalações é feita em fossas sépticas (85%). Uma análise mais precisa faz-se necessária, quanto ao estado de conservação dessas fossas, proximidade do lençol freático, entre outras especificidades, para a caracterização de problemas ambientais, relativos a esta constatação.

Com relação à disposição final dos outros efluentes, verificou-se que apenas 2% são contemplados pela rede municipal, enquanto que 51% das instalações destinam seus efluentes a céu aberto sem qualquer forma de tratamento. É importante também ressaltar que nenhuma das indústrias levantadas procede ao tratamento de seus efluentes nas próprias instalações.

Devido ao perfil das instalações levantadas, sendo a maioria residencial, os tipos de produtos químicos utilizados referem-se às atividades de higiene e limpeza. Assim, o fator preocupante volta-se novamente à disposição final das embalagens desses produtos, que em 51% das instalações são adquiridas semanalmente e que, como visto acima, não são dispostas satisfatoriamente pela grande maioria.

Dentre as instalações visitadas, quase a metade delas (49%) utiliza pelo menos uma forma de tratamento da água, o que é um dado positivo, por outro lado existe uma outra parte considerável dessas instalações (38%), onde a água é consumida sem qualquer tipo de tratamento⁴. Esta consideração deve ser lembrada se constatados problemas de contaminação da água que serve a população que faz uso para o consumo.

Uma alta proporção das instalações (59%) apresentou vestígios de animais próximos ao local de captação de água. Observou-se também nestes pontos, em menor escala, a proximidade de fossas (11%), de depósitos de lixo (11%) e de depósitos de embalagens químicas (21%), fatos que podem ser considerados preocupantes pelo risco de contaminação da água nas instalações.

Inventário da qualidade dos recursos hídricos

Durante o período de 13 a 27 de janeiro de 2002, foi realizado o inventário de campo para a quantificação georreferenciada de parâmetros de qualidade das águas superficiais e subterrâneas, aproveitando-se as visitas realizadas para aplicação do questionário sócio-ambiental. Nesta etapa, foram realizadas análises físico-químicas em 31 pontos de captação de água superficial e 33 pontos de água subterrânea pela equipe de pesquisadores e técnicos do projeto.

A ferramenta analítica principal, utilizada para a avaliação da qualidade das águas superficiais e subterrâneas na região do Poxim (SE), foi a sonda multiparâmetros com sensores específicos para: Temperatura, Condutividade Específica, Sólidos Totais Dissolvidos, Salinidade, Oxigênio Dissolvido, pH, Potencial Redox, Íon Amônio, Amônia, Cloreto, Nitrato, Turbidez e Clorofila-a.

Pela extensão dos resultados tabulares deste inventário, são apresentados na forma de mapas temáticos alguns destes parâmetros para os mananciais inventariados na região do Poxim (SE). Nas Figs. 9, 10 e 11, estão representados os pontos de amostragem e a respectiva classe de valor para alguns dos parâmetros analisados para as águas superficiais e subterrâneas.

Na Fig. 9, são apresentados os valores de concentração de oxigênio dissolvido (OD) para as águas superficiais, determinados em campo por meio de sondas multiparâmetros, os quais encontram-se representados em cinco classes homogêneas, sendo apresentados pela cor vermelha os resultados entre 0,14 e 3,51 mg L⁻¹, por rosa os resultados entre 3,51 e 7,84 mg L⁻¹, por amarelo valores entre 7,84 e 9,69 mg L⁻¹, por verde claro entre 9,69 e 11,25 mg L⁻¹ e por verde escuro entre 11,25 e 12,34 mg L⁻¹. Dentre os pontos analisados, apenas três deles (10% do total analisado) apresentaram concentrações abaixo de 4,0 mg L⁻¹, que, de acordo com os padrões sugeridos pela Resolução nº 20 do CONAMA, enquadra-se na classe 4 e é destinada a usos menos exigentes, navegação e harmonia paisagística (BRASIL, 1986). Cerca de 75% dos pontos analisados mostraram valores de concentração de OD superior a 6 mg/L, valor que classifica a água como de classe 1 e que se destina dentre outros usos ao consumo com tratamento simplificado. Os 15% restantes apresentaram valores entre 4 e 6 mg L⁻¹, sendo classificados como águas de classe 2 e 3, as quais podem ser utilizadas para consumo humano após tratamento convencional. De maneira geral, os valores de concentração de OD determinados nos diferentes pontos analisados não são limitantes para afirmar que a água superficial tem uma boa qualidade, entretanto, alguns pontos isolados requerem um monitoramento dessa variável e os valores encontrados ressaltam um impacto, possivelmente de origem antrópica, que deve ser combatido com medidas mitigadoras.

⁴ O restante das instalações utilizam água mineral de galão ou garrafa.

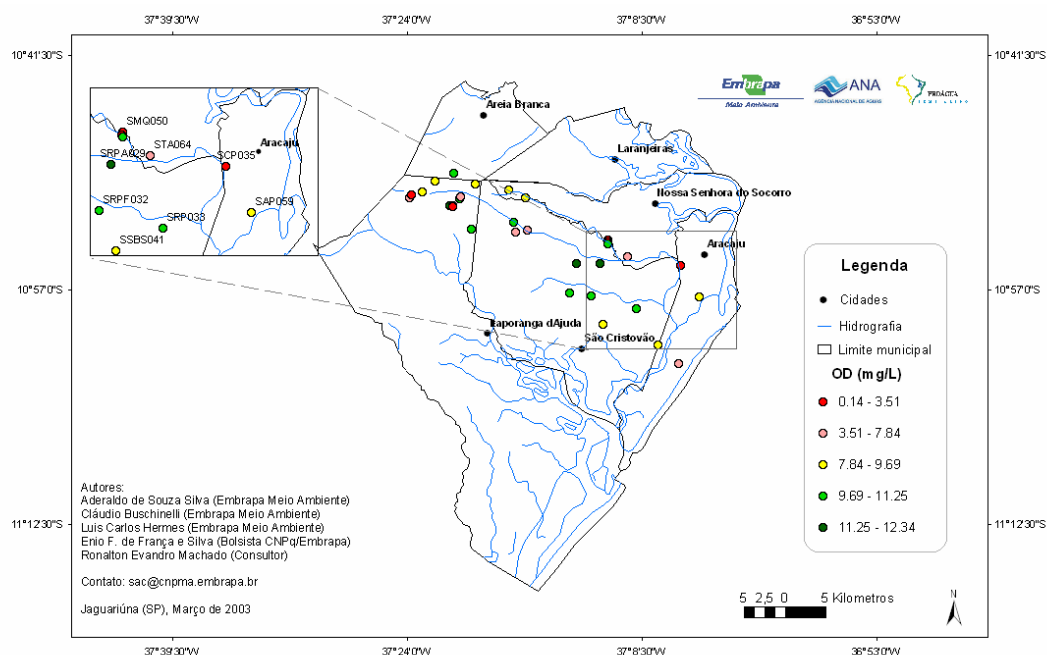


Fig. 9. Pontos de amostragem e qualidade das águas superficiais para o parâmetro oxigênio dissolvido na região do Poxim, SE.

Na Fig. 10, estão os valores de salinidade determinados em 30 pontos de análises de água superficiais, onde se observa que todos os valores são inferiores a $0,50 \text{ g L}^{-1}$, sendo classificados, de acordo com a mesma resolução do CONAMA, como águas doces (BRASIL, 1986). Está representada, também, a classificação dos mesmos de acordo com grupos homogêneos de salinidade, a saber: cor vermelha com quatro pontos, pela cor laranja dois pontos, pela amarela cinco pontos, pela verde clara 10 pontos e pela verde escura as demais. Os resultados obtidos mostram que a salinidade dos mananciais superficiais não é um problema significativo na região estudada. Dentre os pontos analisados, apenas dois apresentaram valores de condutividade elétrica um pouco elevada, ou seja, acima de $0,5 \text{ dS m}^{-1}$. Os pontos de maior salinidade, representados pelas grupos laranja e vermelho, encontram-se de maneira concentrada em relação ao espaço. Assim, pode-se verificar que existem vários pontos onde é necessário o monitoramento, e investigados os possíveis impactos causados por aporte de despejos industriais e de esgoto urbano com elevada carga orgânica, tendo em vista os baixos valores de concentração de OD determinados nos mesmos pontos.

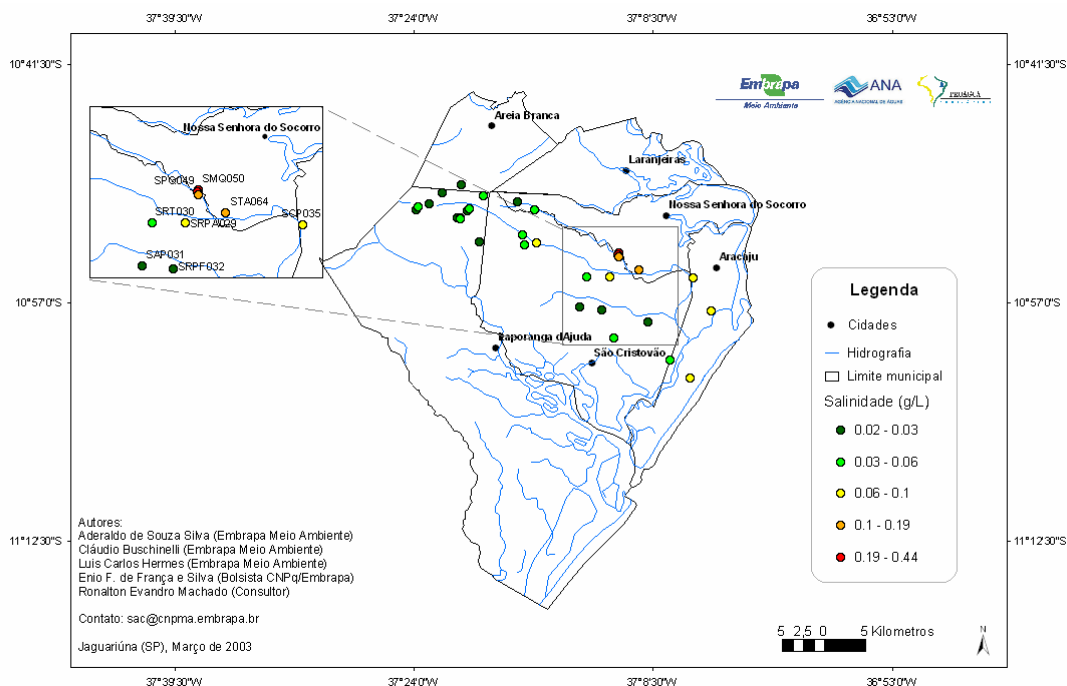


Fig. 10. Pontos de amostragem e qualidade das águas superficiais para o parâmetro salinidade na região do Poxim, SE.

Na Fig. 11, estão representadas as análises realizadas em relação à salinidade nas águas subterrâneas da região do Poxim, as quais não mostraram valores elevados. Todos os pontos de análise estão com os valores de salinidade abaixo do limite para água doce recomendado pelo CONAMA, ou seja, $0,50 \text{ g L}^{-1}$ (BRASIL, 1986). Os resultados foram classificados em cinco grupos homogêneos, onde apenas quatro pontos estão agrupados na classe que vai de $0,27$ até $0,43 \text{ g L}^{-1}$, representados pela coloração vermelha. Cinco pontos estão classificados no grupo representado pela cor laranja que engloba valores entre $0,15$ e $0,27 \text{ g L}^{-1}$. Os grupos verde e amarelo apresentam baixos níveis de salinidade, com valores abaixo de $0,15 \text{ g L}^{-1}$ e com condutividade elétrica menor que $0,32 \text{ dS m}^{-1}$, não representando qualquer risco de uso ou retratando possíveis impactos.

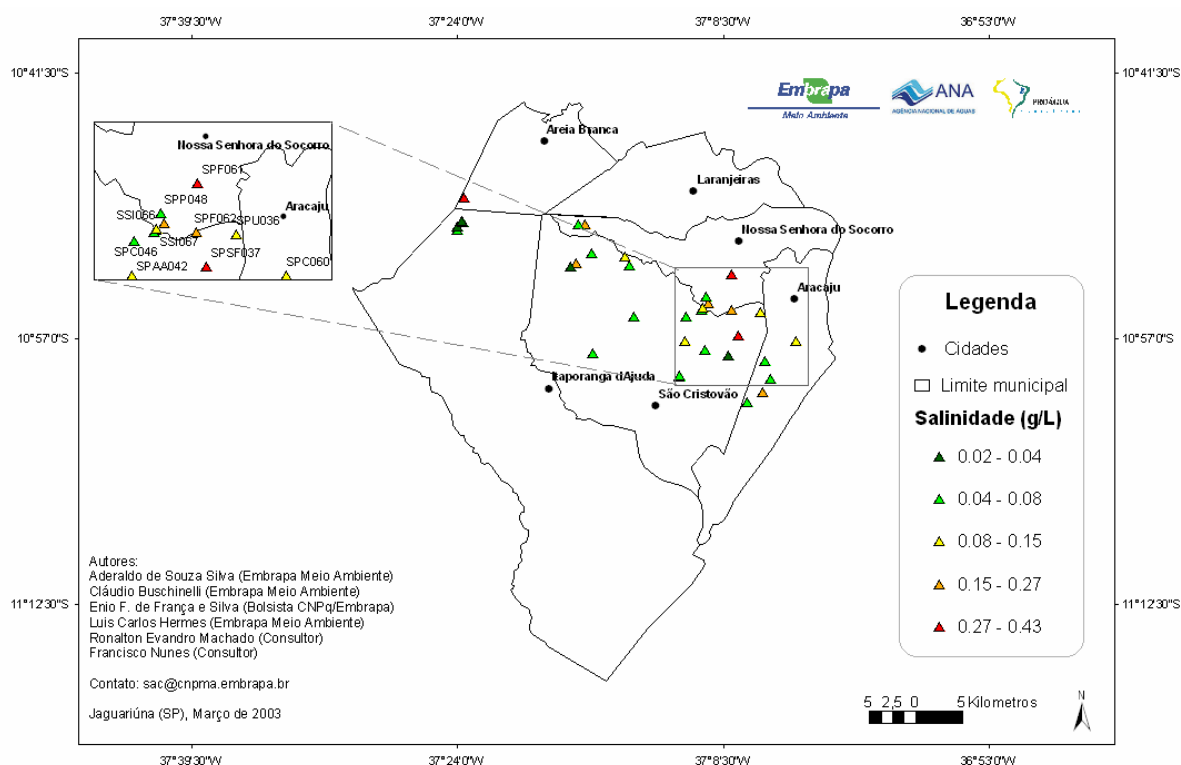


Fig. 11. Pontos de amostragem e qualidade das águas subterrâneas para o parâmetro salinidade na região do Poxim, SE.

Índices espaciais de potencial de degradação dos recursos hídricos (Geo_Sat)

A regionalização do território para fins de zoneamento ambiental é geralmente realizada com base em grupos de variáveis espaciais, indicadoras de condições favoráveis e desfavoráveis a impactos no meio físico, em especial sobre os recursos hídricos. Vários autores destacam a importância destas avaliações espaciais, tanto pela versatilidade como pela rapidez das análises digitais realizadas sobre a base cartográfica (HOWARD, 1990; ROMANOWICZ *et al.*, 1993; FERREIRA, 1997).

A seguir são apresentados os principais índices utilizados neste estudo, embora outros índices espaciais intermediários tenham sido calculados, estes não são apresentados nesta publicação pela extensão dos resultados.

1. Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT)

Este índice deriva do Índice de Vegetação – IV –, parâmetro normalmente utilizado para estimativa da densidade de biomassa verde na superfície terrestre, por meio do processamento digital de imagens de satélite (RICHARDSON & WIEGAND, 1977). Os valores de IV são obtidos pela razão entre a intensidade de luz refletida pela superfície nas faixas espectrais do infravermelho e do vermelho. Tal razão é normalmente expressa numa escala entre 0 (zero) e 255, e obedece a relação de que quanto maior o valor mais densa e vigorosa será a biomassa vegetal presente (HUETE, 1985).

ROMANOWICZ *et al.* (1993) consideram um índice muito útil para a avaliação da capacidade da bacia hidrográfica em retardar o escoamento superficial, em reter os sedimentos e minimizar os efeitos da erosão laminar. É importante, também, para o levantamento de remanescentes florestais e demais formações vegetais existentes no território, bem como para identificação de áreas irrigadas.

Os valores originais médios do IV dos municípios foram escalados entre 0 e 1 e posteriormente submetidos às análises estatísticas para a geração do Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT), os quais foram agrupados em

quatro classes de valores: ICV_SAT elevado (cor azul), ICV_SAT alto (cor verde), ICV_SAT regular (cor amarela) e ICV_SAT baixo (cor vermelha), conforme apresentado na Fig. 12.

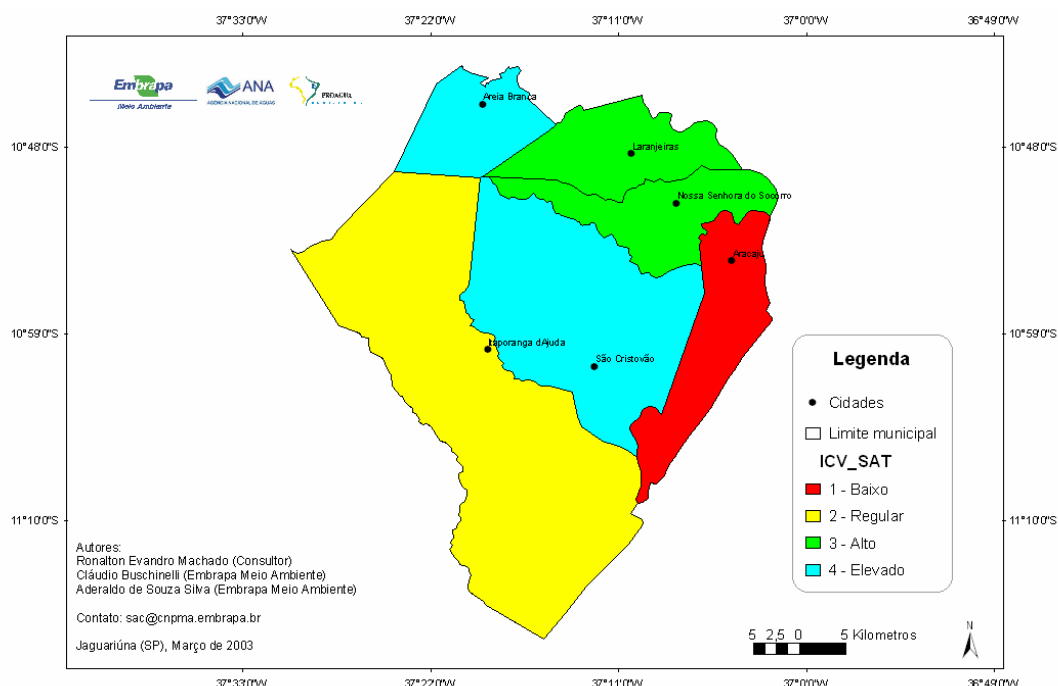


Fig. 12. Índice de Cobertura Vegetal (ICV_SAT) dos municípios da região do Poxim, SE.

Dentro do universo de dados avaliados, Aracaju apresentou o menor ICV_SAT seguido de Itaporanga d'Ajuda, representados no mapa temático em vermelho e amarelo, respectivamente. No outro extremo, estão os municípios de Laranjeiras e Nossa Senhora do Socorro com valores altos de ICV_SAT (verde) e São Cristóvão e Areia Branca com índices elevados e representados na cor azul. Este resultado reflete a importância da área urbanizada de Aracaju, bem como a menor incidência de vegetação sobre os terrenos costeiros.

2. Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT)

Para a composição do IDS_SAT, foi utilizado um conjunto de variáveis que influem na potencialidade dos processos erosivos. O Índice de Relevância informa sobre a capacidade da sub-bacia em retirar solo das vertentes, embora isoladamente não contemple informações sobre a eficiência da rede de drenagem em transportar os sedimentos erodidos das encostas. A erodibilidade de uma sub-bacia deve também incluir elementos que possibilitem uma associação entre a energia potencial do relevo e a densidade de rios.

Nesse sentido, foi elaborado um novo índice, derivado do Índice de Erodibilidade Potencial - IEP, que associa o Índice de Relevância (IRE) ao Índice de Escoamento Fluvial (IEF), sendo definido pela seguinte relação:

$$IEP = 100.IEF.IRE \quad (1)$$

Este índice, calculado para cada município originou, por sua vez, o Índice de Degradação Potencial dos Solos (IDS_SAT) após o tratamento estatístico, sendo representado espacialmente na Fig. 13. Somente Areia Branca apresentou IDS_SAT elevado, representado em vermelho no mapa temático, refletindo diretamente a influência do relevo pouco mais acidentado presente na área. Nossa Senhora do Socorro vem a seguir, com valor alto de degradação potencial dos solos. Os demais municípios apresentaram valores de regular a baixo para o IDS_SAT, representados em verde e azul, respectivamente.

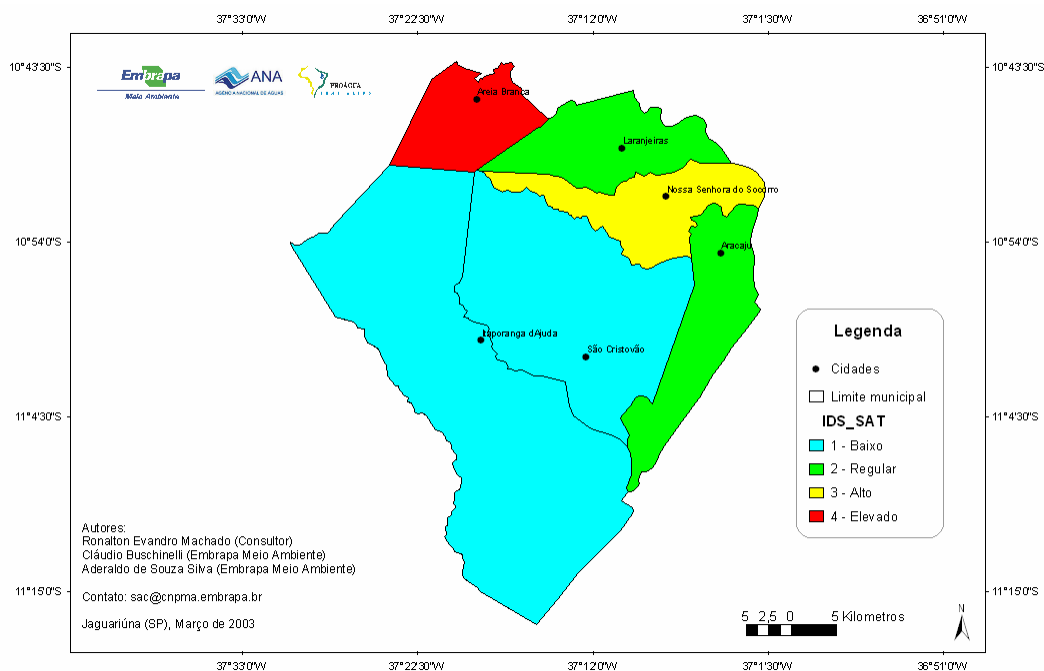


Fig. 13. Índice de Potencial de Degradação dos Solos (IDS_SAT) dos municípios da região do Poxim, SE.

3. Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT)

Na avaliação de vulnerabilidade aos impactos ambientais dentro do território, o Índice de Densidade Urbana é de extrema importância, pois agrega o potencial de geração de poluentes orgânicos e inorgânicos de alto poder contaminante.

Tal índice pode revelar, inclusive, a predisposição da região em contribuir para a alteração do regime de cheias pela impermeabilização do solo e principalmente interferir no consumo de estoque hídrico de vazante de sub-bacias maiores (FERREIRA, 1997).

O parâmetro primário usado é o Índice de Urbanização (IUB), que é definido pela razão entre a área urbanizada municipal (Aum) e a área superficial do município (Am), e expresso em valores percentuais, conforme a equação:

$$IUB = (Aum/Am).100 \quad (2)$$

Os Índices de Densidade Urbana (IDU_SAT) apresentados na Fig. 14 derivam do IUB após o tratamento estatístico, demonstrando o predomínio de municípios com valores baixo (Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e Laranjeiras em azul) e regular (São Cristóvão em verde) de adensamento urbano. Como esperado, as áreas com maior urbanização são destacadas no mapa temático por Aracaju e Nossa Senhora do Socorro, em vermelho e amarelo, respectivamente. Este resultado reflete o maior risco de degradação ambiental nestas áreas.

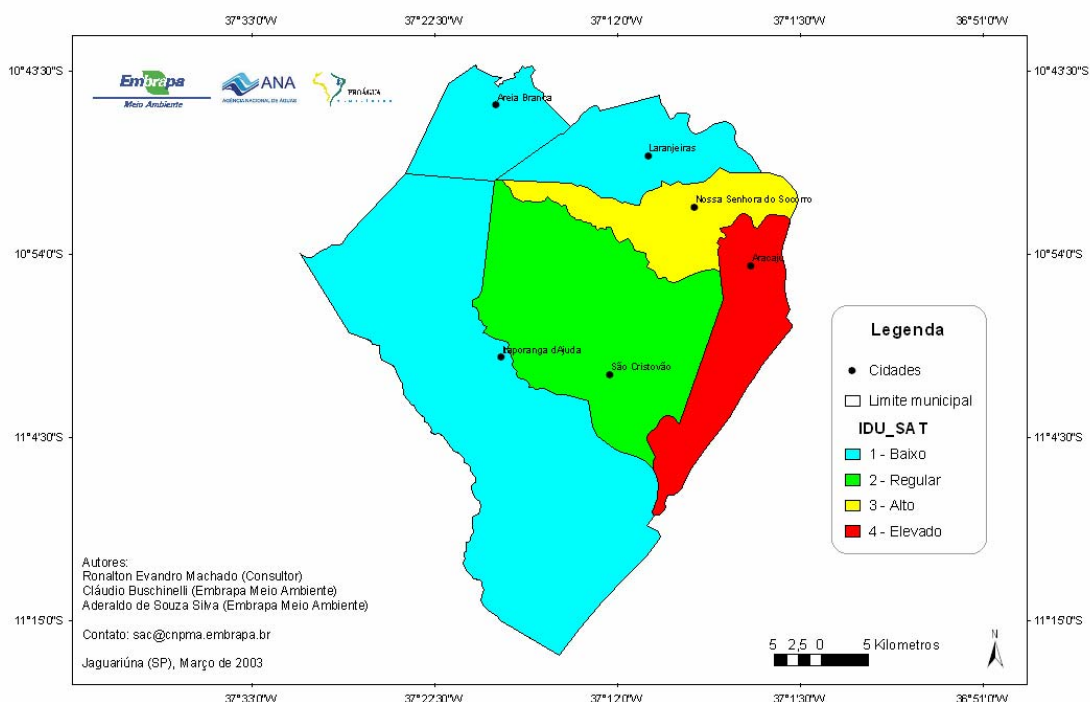


Fig. 14. Índice de Densidade Urbana (IDU_SAT) dos municípios da região do Poxim, SE.

Utilizando-se estas informações construiu-se o Perfil Ecológico com 48 variáveis, derivadas dos 18 indicadores. Após o tratamento estatístico, estas variáveis foram agrupadas em quatro Fatores que evidenciam as principais características diferenciadoras dos municípios da região como segue:

Fator 1 – Saneamento Básico e Dinâmica de Ocupação Urbana. As variáveis ecológicas, que caracterizam a principal diferença entre os municípios da região, são representativas das condições de saneamento básico regional. Os destaques são dados aos domicílios com banheiro ou sanitário ligados à rede geral, uma vez que grande parte dos domicílios, nos municípios estudados, apresenta banheiro ou sanitário. Outra variável refere-se ao lixo coletado, variável capaz de distingui-los, assim como abastecimento de água em rede geral. Outras variáveis representativas deste Fator, como: Índice de Proximidade de Núcleos Urbanos e proximidade de esgoto das fontes de água, representam a dinâmica de ocupação urbana municipal.

Fator 2 – Qualidade da Água Superficial. As variáveis que diferenciam os municípios neste Fator referem-se aos dados de sólidos totais dissolvidos, condutividade específica, salinidade, turbidez e amônia total em água superficial, além de outras variáveis relacionadas à proximidade de lixões e de fossas.

Fator 3 - Degradação Potencial do Solo. As variáveis que distinguem os municípios neste Fator referem-se principalmente ao modelado do terreno, ou seja, relações entre relevo e processos hídricos, além de a intensidade de ocupação urbana e a disponibilidade de abastecimento por fontes subterrâneas.

Fator 4 - Qualidade da Água Subterrânea - As variáveis que diferenciam os municípios neste Fator referem-se aos dados que podem interferir na qualidade do recurso devido a ações antrópicas. Com destaque para nitrato e pH da água subterrânea.

A classificação dos municípios, segundo o Perfil Ecológico, está baseada na análise de *cluster* das principais variáveis consideradas, para a caracterização da condição ecológica de cada um dos municípios com relação à condição relativa estabelecida para a região. Atribui-se a estas condições o Índice do Perfil Ecológico, que são representados por: IP_ECOL elevado, alto, regular e baixo, conforme apresentado na Fig. 15.

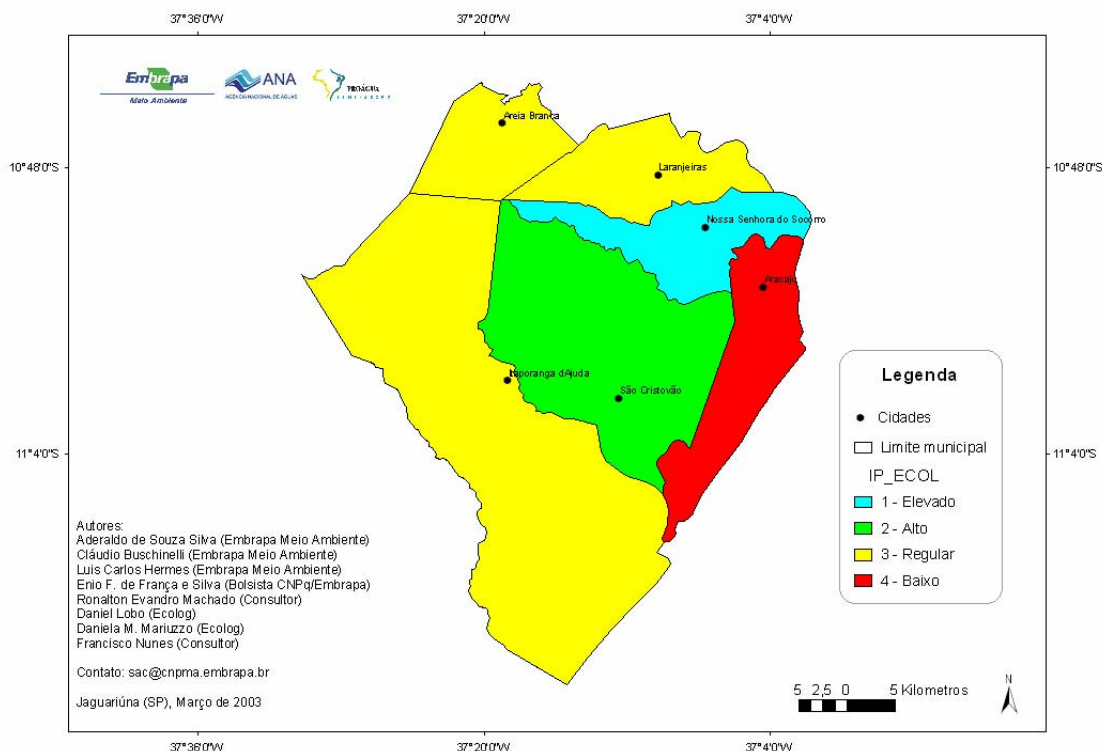


Fig. 15. Mapa temático: Índice do Perfil Ecológico dos seis municípios da região do Poxim (SE).

A Tabela 12 apresenta a hierarquização dos seis municípios segundo o Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL). Nossa Senhora do Socorro obteve o IP_ECOL elevado, em cor azul, enquanto Aracaju, o IP_ECOL baixo, em vermelho, inversamente às condições sócio-econômicas traçadas até então. O município de São Cristóvão apresenta o IP_ECOL alto, em cor verde e Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e Laranjeiras, o IP_ECOL regular, em cor amarela.

Tabela 12. Hierarquização de seis municípios localizados na região do entorno do Poxim (SE), em função da construção do Perfil Ecológico (IP_ECOL).

Ordem	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Cluster	Taxa	IP_ECOL
1	N. Senhora do Socorro	37° 07' 35"	10° 51' 20"	29	1	2.13	0.0213
2	São Cristóvão	37° 12' 24"	11° 00' 55"	43	2	6.38	0.0638
3	Areia Branca	37° 18' 56"	10° 45' 30"	112	3	12.77	0.1277
4	Itaporanga d'Ajuda	37° 18' 39"	10° 59' 55"	81	3	19.15	0.1915
5	Laranjeiras	37° 10' 13"	10° 48' 25"	87	3	25.53	0.2553
6	Aracaju	37° 04' 19"	10° 54' 42"	52	4	34.04	0.3404

O município de Aracaju apresentou 34% da participação regional na condição de IP_ECOL baixo, indicando a situação avaliada como precária no âmbito regional. Vale lembrar que as condições relacionadas com a inadequada disposição de resíduos sólidos e líquidos nos rios, a ausência de tratamento de efluentes domésticos e industriais e demais indicadores representativos de fontes potenciais de poluição hídrica, como proximidade das fontes de captação de água de lançamentos de esgotos, de depósitos de lixo e demais condições indesejadas, avolumam-se no município mais densamente povoado da região em estudo, justificando esta condição para Aracaju (Fig. 16).

Por outro lado, mesmo o município de Nossa Senhora do Socorro com IP_ECOL elevado (em azul), foi pouco representativo de uma condição ambientalmente favorável, pois apresentou uma participação regional de apenas 2%. A afirmação é válida para São Cristóvão com IP_ECOL alto, que representou 6% da participação regional com esta condição (Fig. 16).

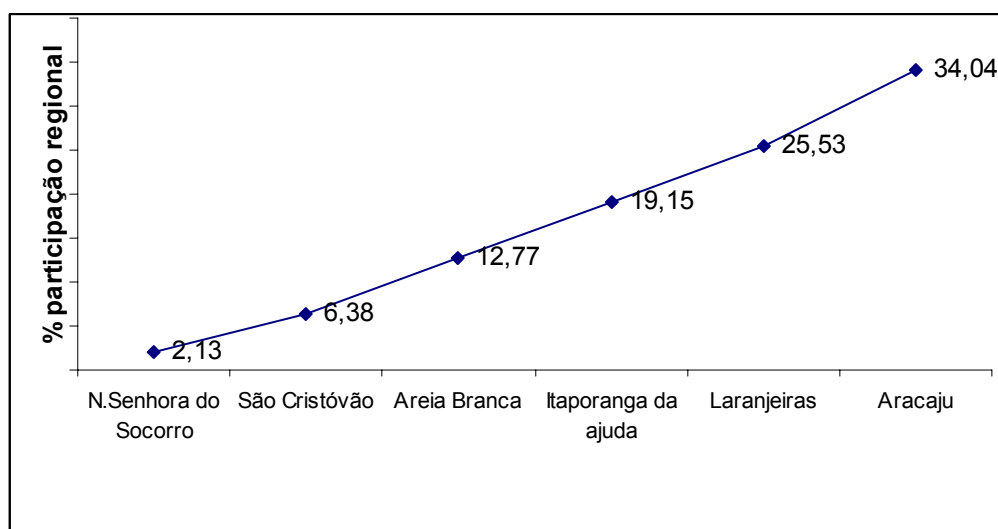


Fig. 16. Taxa da participação municipal no Índice do Perfil Ecológico (IP_ECOL) regional de Poxim (SE).

Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA)

Na construção do Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_ÁGUA) foram utilizadas 476 variáveis derivadas dos 35 indicadores que formaram os perfis econômicos, sociais e ecológicos apresentados anteriormente. Estas variáveis são agrupadas em quatro fatores que evidenciam as principais características que diferenciam os municípios da região, como segue:

Fator 1 – Setor Financeiro. As variáveis representativas deste fator estão ligadas às despesas e receitas orçamentárias realizadas em função dos transportes, imposto sobre o patrimônio e a renda e transferência de capital. Isto é reforçado pelas variáveis referentes à presença de sedes de empresas com CNPJ, ligadas à administração pública e à intermediação financeira.

Fator 2 – Agricultura e Extração Vegetal. As lavouras permanentes representativas deste Fator foram: maracujá, mamão e limão, em área plantada (ha) e quantidade produzida. As lavouras temporárias foram representadas pelo fumo (folha), pelo valor recebido (mil reais) e pelo rendimento médio (frutos ha⁻¹). Itaporanga d'Ajuda destacou-se em todas estas culturas, e Areia Branca no plantio de maracujá. A extração vegetal foi representada por madeira em forma de lenha (valor) e madeira em tora (quantidade m³), tendo Itaporanga d'Ajuda novamente como o principal representante.

Fator 3 – Lavouras Temporárias e Risco de Degradação Ambiental. As lavouras temporárias que distinguem os municípios da região foram tomate e melancia, em área (ha), rendimento (mil frutos) e valor (mil reais). O risco de degradação ambiental formula-se pelos Índices de Erodibilidade Potencial (IEP), Índice de Escoamento Fluvial (IEF), Índice de Relevô (IRE) e presença de animais nas proximidades dos poços (presença de animais domésticos). Estas lavouras estiveram presentes somente no município de Areia Branca e as variáveis que atribuem um risco potencial ao ambiente, também se referiram predominantemente ao município citado.

Fator 4 – Pecuária e Finanças Públicas. A criação de caprinos, galináceos e de suínos foram os efetivos de rebanho ressaltados neste fator. Nas finanças públicas, salientaram-se as receitas orçamentárias realizadas de capital relativos à transferência de capital.

A classificação dos municípios, para a obtenção do ISA_ÁGUA, está baseada na análise de *cluster* das principais variáveis consideradas, para a caracterização da condição da sustentabilidade do uso da água de cada um dos municípios com relação a esta condição estabelecida para a região. Atribui-se a isto o ISA_ÁGUA nas categorias: elevado, alto, regular e baixo.

A Tabela 13 apresenta a hierarquização dos seis municípios da região do Poxim (SE), segundo o Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_ÁGUA). Com ISA_ÁGUA elevado, em cor azul, aparece o município de Laranjeiras, que apresentou os IP_ECON (Fig. 5) e IP_SOC (Fig. 7) classificados na condição baixo. Com ISA_ÁGUA baixo, em vermelho, ficou o município de Aracaju, que inversamente a Laranjeiras, apresentou a condição socioeconômica, dada pelos respectivos Índices, como elevada. Laranjeiras teve o IP_ECOL regular e Aracaju o IP_ECOL baixo (Fig. 15).

Tabela 13. Hierarquização de seis municípios localizados na região do entorno do Poxim (SE) em função da construção do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA).

Ordem	Município	Longitude	Latitude	Altitude (m)	Cluster	Taxa	ISA_AGUA
1	Laranjeiras	37° 10' 13''	10° 48' 25''	87	1	2.13	0.0213
2	Nossa S. do Socorro	37° 07' 35''	10° 51' 20''	29	2	6.38	0.0638
3	Areia Branca	37° 18' 56''	10° 45' 30''	112	3	12.77	0.1277
4	Itaporanga d'Ajuda	37° 18' 39''	10° 59' 55''	81	3	19.15	0.1915
5	São Cristóvão	37° 12' 24''	11° 00' 55''	43	3	25.53	0.2553
6	Aracaju	37° 04' 19''	10° 54' 42''	52	4	34.04	0.3404

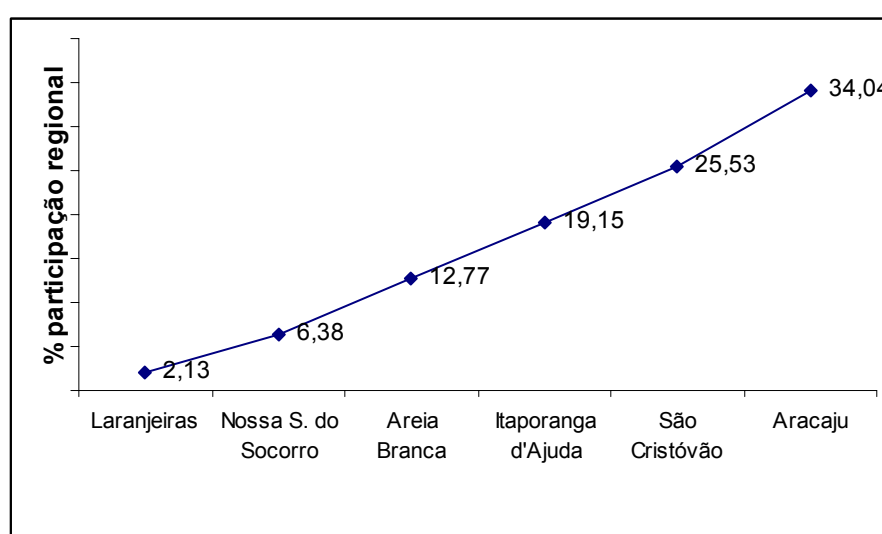


Fig. 17. Taxa da participação municipal no Índice de Sustentabilidade do Uso da Água (ISA_ÁGUA) regional de Poxim (SE).

Vale destacar que os valores apresentados na coluna Taxa, das Tabelas 6, 12 e 13 que demonstram a hierarquização dos municípios, se referem às cargas fatoriais adquiridas pelos agrupamentos e totalizam 100%. Tais valores se repetem nas tabelas mencionadas, entretanto, representam diferentes unidades geográficas de estudo que assumiram as cargas fatoriais, ou seja uma hierarquização conforme o peso relativo de cada fator.

Com ISA_ÁGUA alto, em cor verde, aparece o município de Nossa Senhora do Socorro, com o Índice do Perfil Econômico também alto (Fig. 5), o social na categoria regular (Fig. 7) e o ecológico elevado (Fig. 15). Finalmente, Areia Branca, Itaporanga d'Ajuda e São Cristóvão apresentaram o ISA_ÁGUA regular, em cor amarela. A condição de regular repetiu-se no índice econômico e o IP_SOCI acusou a condição alto, conforme apresentado na Fig. 18.

A análise de *cluster* das principais variáveis capazes de fornecer a caracterização dos municípios relacionada à condição regional, baseando-se na indicação da sustentabilidade do uso da água, evidenciou a importância dos indicadores do Perfil Ecológico na análise global dos dados utilizados.

Conclui-se que péssimas condições ecológicas são mais comprometedoras no município economicamente mais desenvolvido, com a maior concentração populacional, sobretudo urbana, uma vez que nele as medidas de controle da disposição de resíduos evidencia a condição precária. Assim, Aracaju apresenta uma participação regional igual a 34%, com a condição do ISA_ÁGUA baixo.

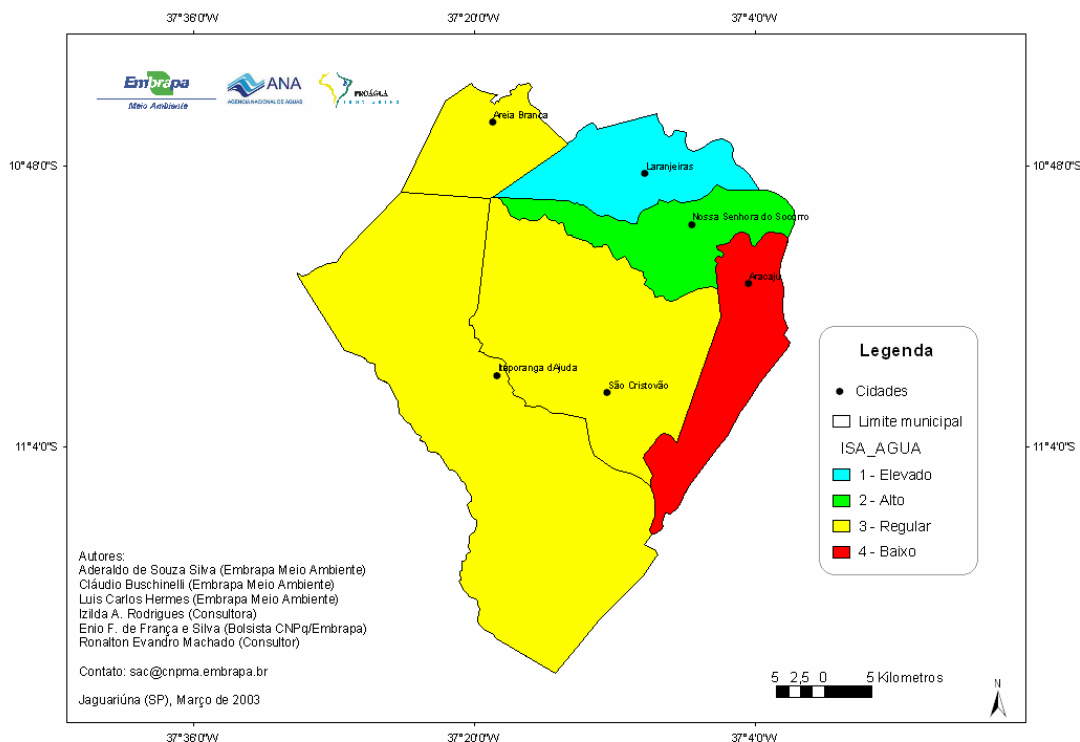


Fig. 18. Mapa temático do Índice de Sustentabilidade Ambiental do Uso da Água (ISA_ÁGUA) nos seis municípios da região do Poxim (SE).

Laranjeiras, mesmo penalizado pelas condições atribuídas no Perfil Econômico e Social, apresenta o ISA_ÁGUA elevado, representando apenas 2% da participação regional, o que, sobretudo, estabelece uma condição pouco favorável de sustentabilidade ambiental para o uso da água na região do Poxim (SE).

Convém salientar, ainda, que a metodologia do estudo traça uma avaliação comparativa entre os municípios, pelas condições resultantes para a região, não significando, por exemplo, que Laranjeiras, assim como os demais municípios menos favorecidos, não necessitam de medidas voltadas ao desenvolvimento socioeconômico municipal.

CONCLUSÕES

A região do Poxim (SE) foi mapeada segundo o Perfil Econômico, Social e Ecológico, permitindo o retrato do desempenho ambiental de todos os municípios considerados nesta análise. Isto trouxe a condição de sustentabilidade individualizada por municípios, segundo a condição resultante para a região. Aracaju distingue-se dos demais por sua estrutura econômica e dinâmica de uso e ocupação do solo municipal, com a disponibilidade de bens e serviços ao atendimento da população residente no local. Por outro lado, traz a condição ecológica prejudicada pela inadequada manutenção do meio ambiente, diante da grande concentração urbana e atividades econômicas, também maiores em termos regionais, acarretando um índice de sustentabilidade do uso da água também ruim.

Os demais municípios, mesmo não tendo manifestado as condições econômicas e sociais tão favoráveis como Aracaju, apresentaram as condições ecológicas superiores na escala de análise proposta, muito provavelmente pela diminuída ocupação do solo municipal. Isto não implica que não deva ocorrer o desenvolvimento nos municípios de forma a atender a demanda já existente de seus habitantes, mas chama a atenção para cuidados com as formas de manejo das atividades e recursos, de maneira a garantir o não comprometimento ambiental e do uso sustentável da água.

O desenvolvimento metodológico apresentado, para a formulação do ISA_ÁGUA com uma abrangência regional, não limita o seu uso na apresentação dos resultados para avaliação momentânea do desempenho ambiental, mas cria um banco de dados que deverá ser utilizado na construção de uma abordagem histórica do uso e ocupação do solo, dando suporte aos grupos gestores preocupados com o desenvolvimento sustentável local, com enfoque no uso da água. Vários são os trabalhos propostos no Estado do Sergipe com esta preocupação e, sobretudo com enfoques direcionados à regionalização por bacia hidrográfica, o que impulsiona ainda mais os empreendimentos nesta análise.

Segundo SILVA (2001), embora não exista registro de informações quanto à existência de uma política de gestão específica para o Rio Poxim, apesar de sua importância para a região metropolitana de Aracaju, existem alguns projetos a serem desenvolvidos, em escala municipal e estadual, nas três porções deste rio, a saber: à montante da captação, quando se refere aos trechos dos rios Poxim-Mirim e Poxim-Açu; no trecho da barragem à montante do ponto de captação, passando pelo Distrito Industrial de Alagoas (D.I.A.) e por loteamentos; e, finalmente, foz do rio. A autora citada, entretanto, faz algumas considerações importantes acerca de alguns dos projetos acima citados, sublinhando o fato de serem propostos como ações mitigadoras isoladas, por órgãos que ainda não se integraram quanto aos objetivos, sendo os resultados pouco destacados na comunidade ou pouco consistentes quanto aos benefícios.

Embora não tenha sido constatada a existência de um sistema de gestão específico para a sub-bacia do Rio Poxim, existe, em uma esfera maior, um arcabouço legal que favorece a implementação de um sistema de gestão participativa da bacia. Este arcabouço é constituído, em primeiro lugar, pela necessidade de se criar um plano diretor estadual de recursos hídricos, que será formado pelos planos das bacias e também pelo estímulo, em nível estadual, à gestão participativa dos recursos hídricos.

No que diz respeito a esse plano, a gestão dos recursos hídricos é norteadada hoje no Brasil pela Lei Nº 9.433 de 08/01/97, que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e criou o Sistema Nacional de Recursos Hídricos, definindo os objetivos, as diretrizes gerais de ação e os instrumentos necessários à sua consecução. Esses instrumentos baseiam-se em uma série de novos aspectos contidos na legislação dos recursos hídricos, entre os quais:

- Insere a noção de gestão integrada, incorporando a questão dos recursos hídricos no contexto da política ambiental e de outros planos de desenvolvimento;
- O plano diretor deve expressar muito claramente os anseios da comunidade local.

A gestão passa a ser descentralizada e participativa. Esta proposta de gestão, cuja filosofia está centrada na idéia de que tudo a ser decidido, em níveis hierárquicos mais baixos de governo e com a participação local não será resolvido pelos níveis mais altos dessa hierarquia. A gestão participativa compreende um processo que permite aos usuários, à sociedade civil organizada, às organizações não governamentais e a outros organismos influenciarem no processo de tomada de decisão, uma vez que lhes é facultado participar dos comitês de bacia.

À luz da Política Nacional de Recursos Hídricos, o Estado de Sergipe cria, em 25 de setembro de 1997, a Lei Nº 3.870, que dispõe sobre a Política Estadual de Recursos Hídricos e cria o Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos. A partir daí, o Estado começa a incorporar a estrutura organizacional e implementar os instrumentos indispensáveis ao desenvolvimento sustentável do setor.

Dentre os fundamentos desta política, estabelece-se que a bacia hidrográfica é a unidade territorial para a implementação da Política Estadual de Recursos Hídricos e atuação do Sistema Estadual de Gerenciamento de Recursos Hídricos, e que a gestão dos recursos hídricos deve ser descentralizada e contar com a participação do Poder Público, dos usuários e das comunidades.

Como visto acima, o Estado do Sergipe incorporou os princípios e diretrizes da Política Nacional de Recursos Hídricos e começou a criar as condições para passar a desenvolvê-la. Entre as medidas tomadas está a criação do Programa Estadual de Apoio à Gestão Participativa. O processo iniciou-se na bacia do Rio Sergipe (onde a sub-bacia do Rio Poxim se insere) pelo fato de apresentar o maior número de usuários e a maior diversidade de usos (GOVERNO DE SERGIPE, 2001).

Ainda não existem metas e objetivos para a reversão dos impactos ambientais da sub-bacia do Rio Poxim. Existem algumas iniciativas pontuais, mas que não consideram a totalidade da bacia nem a totalidade dos problemas sócio-ambientais envolvidos. Entretanto, o Estado de Sergipe está passando por um momento de inserção de temas ambientais, principalmente aqueles ligados aos recursos hídricos, nas prioridades políticas estaduais. A formação de um comitê de bacia para o Rio Sergipe é uma demonstração de que mudanças nos modos de gerenciamento dos recursos hídricos do Estado devem se incorporar às demais bacias, incluindo a do Rio Poxim.

O sistema de informatização já se encontra presente em alguns setores de interesse para a implementação de um sistema integrado das informações municipais. Por exemplo, das cidades constituintes da sub-bacia do Rio Poxim, apenas São Cristóvão não apresenta um cadastro ou banco de dados informatizado de saúde e educação; Itaporanga d'Ajuda não apresenta as informações informatizadas relativas à educação e todas as outras possuem ambos os cadastros (IBGE, 2001). Contudo, novos controles e registros devem ser criados e outros melhorados, levando-se em conta indicadores ambientais. Há também o Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe, que produz documentos importantes sobre a situação ambiental da sub-bacia do Rio Poxim.

No Estado do Sergipe, existe um processo de desenvolvimento de estruturas no sentido de montar um sistema de gestão estadual participativa de recursos hídricos. A proposta de se criar um plano diretor de recursos hídricos aponta nesta direção. O processo está em pleno desenvolvimento no momento, tendo a bacia do Rio Sergipe como piloto, o que pode abrir perspectivas para a formulação de propostas de gestão participativa da sub-bacia do Rio Poxim.

O projeto ECOÁGUA tem contribuído na formação de agentes de água para a região do Poxim, para trabalharem especificamente neste projeto. Ações são direcionadas para um constante compromisso de melhoria para a bacia do Rio Sergipe, a partir da criação do Programa Estadual de Apoio à Gestão Participativa dos Recursos Hídricos no Estado de Sergipe. Assim, é possível que esta postura se repita, na criação de um sistema de gestão para a sub-bacia do Poxim.

Referências

- ANA. **A gestão dos recursos hídricos no Estado de Sergipe**. Brasília, 2001a. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, CD Nº 1, versão preliminar, 2001^a).
- ANA. **Hidrogeo – base cartográfica**: regiões e estados do Brasil. Brasília, 2001b. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, n.7: versão preliminar).
- ANA. **Hidrogeo – mosaicos georreferenciados**: regiões e estados do Brasil. Brasília, 2001c. 1 CD-ROM. (Série Sistema Nacional de Informações sobre Recursos Naturais, n.8: versão preliminar).
- ANDRADE, T. A. Métodos estatísticos e econométricos aplicados à análise regional. In: HADDAD, P. R.; FERREIRA, C. M. de C.; BOISIER, S.; ANDRADE, T. A. (Ed.). **Economia regional**: teorias e métodos de análise. Fortaleza: BNB-ETENE, 1989. p. 427-507.
- ARAÚJO, R.E.S. **Os resíduos sólidos no município de Aracaju e os desafios para a sua sustentabilidade ambiental**. São Cristóvão: Universidade Federal de Sergipe, 2001. 64p. Dissertação (grau de especialista em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. 2001.
- ARMITAGE, D. An integrative methodological framework for sustainable environmental planning and management. **Environmental Management**, New York, v.19, n. 4, p. 469-479, 1995.
- BOUROCHE, J. M.; SAPORTA, G. **Análise de dados**. Rio de Janeiro: Zahar Editores, 1980. 116 p.
- BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente, Resolução CONAMA nº 20, de 18 de junho de 1986. DOU de 30/07/86. 1986.
- BRASIL / Agência Nacional das Águas. **A gestão dos recursos hídricos no Estado de Sergipe**. Série: Sistema Nacional de informações sobre recursos hídricos, CD Nº 1, versão preliminar, 2001a.
- BRASIL / Ministério do Meio Ambiente. **Diagnóstico da Gestão Ambiental nas Unidades da Federação**: relatório final – Estado de Sergipe. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, 2001b.52p.
- BUSSAD, W. de O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. F. de. Introdução à análise de agrupamentos. In: SIMPÓSIO NACIONAL DE PROBABILIDADE E ESTATÍSTICA, 9, 1990, São Paulo. Anais... São Paulo: ABE, 1990. 106 p.
- EASTMAN, J. R. **Idrisi for Windows**: release 2.0. Worcester: Clark University, 2000. 1 CD-ROM.
- ELABORAÇÃO de cadastro de usuários de água de subsídio a Gestão de Recursos Hídricos - subprojeto 2: proposta de apoio a gestão dos recursos hídricos do Aquífero Serra Grande (PI): relatório técnico.
- EMBRAPA. Projeto de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco - desenvolvimento de um sistema de monitoramento de qualidade de água no submédio do rio São Francisco: índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (isa_água): relatório final. Disponível em www.ana.gov.br/gefsf. Acesso em 21 mar. 2003.
- ESRI. **ArcMap**: release 8.2. Redlands: Environmental Systems Research Institute, 2001. 1 CD-ROM.
- FERREIRA, M. C. Utilização de modelos digitais de terreno na estimativa de enchentes em sub-bacias hidrográficas: uma avaliação preliminar em escala regional. **Geociências**, Rio Claro, v. 16, n. 1, p. 243-255, 1997.
- GOVERNO DE SERGIPE. **Aspectos ambientais do setor industrial de Sergipe**. Aracaju: ADEMA. 1998.
- GOVERNO DE SERGIPE. **Relatório da Reunião com o Setor Industrial**. Aracaju: SEPLANTEC. 2001. (Mimeogr.).
- GOVERNO DE SERGIPE. **Relatório do IV Encontro Regional sobre Gestão Participativa dos Recursos Hídricos**. Aracaju: SEPLANTEC/SRH, 2001. 23p.
- GOVERNO DE SERGIPE. **Relatório Final do Projeto Básico do Sistema de Esgotos Sanitários da Bacia do Poxim**. Aracaju: DESO, 2000.
- GOVERNO DE SERGIPE. **Usos e problemas detectados na sub-bacia do Rio Poxim**. Aracaju: SEPLANTEC/SRH, s/d. (Mimeogr.).
- HOWARD, A. D. **Role of hypsometry and planform in basin hydrologic response**. Hydrological Processes, Chichester, v. 4, p. 373-385, 1990.
- HUETE, A. R.; Jackson, R. D. Spectral response of a plant canopy with different soil backgrounds. **Remote Sensing of Environment**, New York, v. 17, 37-53, 1985.
- IBGE. **Base de informações municipais**. Estado de Sergipe, 3 ed. CD – ROM. 2001

IBGE. Indicadores de desenvolvimento sustentável: Brasil 2002. Rio de Janeiro, 2002. 195 p. (Estudos e Pesquisas. Informação Geográfica, n. 2).

ÍNDICE de sustentabilidade ambiental da produção integrada de citros em São Paulo - isa_pic: relatório técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente-Estação Experimental de Citricultura de Bebedouro: Coopercitrus: Fundecitrus: Prefeitura Municipal de Bebedouro, 2003. 81 p. il. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 126 p. il. Segundo termo aditivo ao convênio 009/2001 - ANA/Embrapa.

JICA. The study on water resources development in the state of Sergipe in the Federative Republic of Brazil: final report – main report. Unpublished. 2000.

NEHER, D. Ecological sustainability in agricultural systems: definition and measurement. **Journal of Sustainable Agriculture**, Binghamton, v. 2, n. 3, p. 51-61, 1992.

NIJKAMP, P. Regional Sustainable Development and Natural Resource Use. In: WORLD BANK ANNUAL CONFERENCE ON DEVELOPMENT AND ECONOMICS, 1990, New York. Proceedings... Washington, D.C.: World Bank, 1990. p:124-139

OECD. Sustainable development: OECD policy approaches for the 21st century. Paris, 1999. 196 p.

OECD. Towards sustainable development: indicators to measure progress. Paris, 2000. 420 p. Proceedings of the Rome Conference, held in december 15-17, 1999.

ONU. Divisão para o Desenvolvimento Sustentável. Indicators of sustainable development: guidelines and methodologies: 2001. Disponível em: <<http://www.un.org/esa/sustdev/isd.htm>>. Acesso em: 5 jan. 2002.

PARANÁ. Secretaria de Estado do Meio Ambiente. Instituto Ambiental do Paraná. Coletânea de textos traduzidos: valoração do meio ambiente, custos da poluição e benefícios da proteção ambiental: 1. O valor econômico do meio ambiente: 2. Princípios da valoração de impactos ambientais: 3. Custos da poluição ambiental e benefícios da proteção do meio ambiente. Curitiba: IAP-GTZ, 1994. Paginação irregular.

PNUD. Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento 2001. Disponível em: <www.undp.org.br>. Acesso em: 14 dez, 2001.

PROJETO de gerenciamento integrado das atividades desenvolvidas em terra na bacia do São Francisco - desenvolvimento de um sistema de monitoramento de qualidade de água no submédio do rio São Francisco: índice de sustentabilidade ambiental do uso da água (isa_água): relatório final. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2002. 158 p. il.

PROPOSTA de apoio à gestão participativa dos recursos hídricos na bacia hidrográfica do Poxim (SE) - subprojeto 3: relatório técnico. Jaguariúna: Embrapa Meio Ambiente, 2003. 137 p. il. Segundo termo aditivo ao convênio 009/2001 - ANA/Embrapa.

RICHARDSON, A. J.; WIEGAND, C. L. Distinguishing vegetation from background information. **Photogrammetric Engineering & Remote Sensing**, Falls Church, v. 43, p. 1541-1552, 1977.

ROCHA, A.F. A gestão dos recursos hídricos no estado do Sergipe. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE JICA – AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO, 2º, 2000, Aracaju. Estudo sobre desenvolvimento de recursos hídricos no estado de Sergipe na República Federativa do Brasil.

ROMANOWICZ, R.; BEVEN, K.; MOORE, R. Gis and distributed hydrological models. In: MATHER, P. M. (Ed.). **Geographical information handling-research applications**. New York: J. Wiley, 1993. p. 206-235.

SANTOS, D.G. A experiência brasileira na elaboração de planos diretores como instrumentos de gestão de recursos hídricos. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE JICA – AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO, 2., 2000, Aracaju. Estudo sobre desenvolvimento de recursos hídricos no Estado de Sergipe na República Federativa do Brasil.

SAS INSTITUTE. **The SAS system**: release 8.2. Cary: SAS Institute, 1999. 1 CD-ROM.

SILVA, Z.F.B. **Cenário atual da seção urbana do Rio Poxim**. São Cristóvão: Universidade Federal do Sergipe, 2001. 85p. Dissertação (grau de especialista em Gestão de Recursos Hídricos e Meio Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe. 2001.

SMYTH, A. J.; DUMANSKI, J. A framework for evaluating sustainable land managment. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v. 75, p. 401-406, 1995.

SPRAKEL, H. J. M. **Espelho municipal do desenvolvimento humano em Sergipe**. SEPLANTEC/SRH. Aracajú, 2003. CD-ROM.

WATANABE, M. O Estudo de desenvolvimento dos recursos hídricos de Sergipe. In: SEMINÁRIO TÉCNICO DE JICA – AGÊNCIA DE COOPERAÇÃO INTERNACIONAL DO JAPÃO, 2., 2000, Aracaju. Estudo sobre desenvolvimento de recursos hídricos no estado de Sergipe na República Federativa do Brasil.

ANEXOS

I. Procedimentos de Análises Estatísticas para a obtenção do Índice de Sustentabilidade Ambiental (ISA_ÁGUA) na região do Poxim (SE)

Para aplicação dos métodos estatísticos, inicialmente foram construídas matrizes contendo nas colunas as diferentes variáveis correspondentes aos indicadores de cada perfil e nas linhas os seis municípios. Como as variáveis estudadas possuem grandezas não comparáveis, foi necessária a padronização das variáveis, gerando assim, novas matrizes de dados (z_i), segundo BOUROCHE & SAPORTA (1980) e ANDRADE (1989), obtidas a partir da equação:

$$z_i = \frac{x_i - \bar{x}_i}{s_i} \quad (1)$$

em que:

x_i = valor da variável i ;

\bar{x}_i

= valor médio da variável i ;

s_i = desvio padrão da variável i .

A análise fatorial é um método estatístico de análise multivariada que tem como objetivo básico construir um conjunto de variáveis "F", a partir de uma transformação linear das variáveis iniciais X_i , denominados de "Fatores" ou "Componentes Principais" independentes, ou seja, ortogonais, de acordo com o seguinte modelo matemático (ANDRADE, 1989):

$$X_i = a_{i1}F_1 + a_{i2}F_2 + a_{i3}F_3 + \dots + a_{ik}F_k + e_i \quad (2)$$

Cada uma das "k" variáveis observadas é descrita linearmente em termos das "k" componentes não correlacionadas (F_i) e os " a_{ik} " são os pesos ou cargas fatoriais que compõem a combinação linear. Os F_i são calculados de forma que o primeiro Fator (F_1) explique a maior parcela da variação total das variáveis (X_i); o segundo Fator (F_2) explique a segunda maior parcela e, assim, sucessivamente, onde " e_i " corresponde ao erro (BOUROCHE & SAPORTA, 1980; ANDRADE, 1989).

As cargas fatoriais expressam os coeficientes de correlação entre cada uma das variáveis e seus respectivos fatores; enquanto a comunalidade final, obtida a partir do somatório dos quadrados das cargas fatoriais (a_{ik}), representa a proporção da variação de cada variável envolvida nos fatores definidos nas análises. Em cada fator, as variáveis mais representativas são aquelas cujas cargas fatoriais são as mais elevadas e devem sempre ser superiores a 0,30; por outro lado, quando a carga fatorial apresenta sinal negativo (-), significa influência negativa desta variável no fator (BOUROCHE & SAPORTA, 1980; ANDRADE, 1989).

A análise de agrupamento compreende técnicas e algoritmos iterativos, cujo objetivo é classificar "objetos" em grupos de acordo com seu grau de similaridade ou de dissimilaridade. Neste estudo, os "objetos" são representados pelos indicadores selecionados para cada perfil estudado: ecológico, econômico e social. Normalmente, para medir o grau de dissimilaridade entre "objetos" utilizam-se medidas de distância. A distância euclidiana ($d_{(a,b)}$) é a mais utilizada em estudos de agrupamento, sendo X_a e X_b as variáveis. Segundo BUSSAD *et al.* (1990), a distância euclidiana ($d_{(a,b)}$) pode ser representada pela expressão:

$$d_{(a,b)} = \left[\sum_{j=1}^p \frac{(X_{i(a)} - X_{i(b)})^2}{p} \right]^{1/2} \quad (3)$$

A análise de agrupamento foi realizada com o método Ward, uma vez que esse maximiza a inércia entre os diferentes grupos (ANDRADE, 1989; BUSSAD *et al.*, 1990). Este método de agregação consiste em considerar inicialmente cada observação como sendo uma classe. Para decidir se duas classes irão formar uma classe maior, examina-se a maior inércia entre as classes. O agrupamento será considerado ótimo quando existir máxima distância ou heterogeneidade entre as classes, o que equivale à mínima distância entre intraclasses.

II. Alguns dos locais de visita georreferenciada das fontes potenciais de poluição nos municípios da região do Poxim (SE).

Local	Latitude	Longitude
1. Estação de captação de água da DESO (Rio Poxim)	10.55.377	37.05.849
2. Lagoa de tratamento de esgoto do conjunto Rosa Elze, São Cristóvão	10.56.162	37.07.119
3. Região de mangues do Rio Poxim	10.55.872	37.05.794
4. Local de destinação do esgoto tratado em São Cristóvão	10.55.473	37.05.895
5. Central de triagem de plásticos. Palestina, Nossa Senhora do Socorro	10.54.477	37.09.750
6. Pocilga, Palestina, Nossa Senhora do Socorro	10.54.334	37.10.336
7. Área de reserva permanente do Rio Poxim-Acu – Universidade Federal de Sergipe	10.55.569	37.12.008
8. Parque dos Faróis, esgoto a céu aberto – Nossa Senhora do Socorro	10.55.439	37.08.035
9. Ponte de acesso aos bairros Santa Lúcia e JK	10.56.735	37.05.286
10. D.I.A. - Local de despejo de esgoto industrial	10.57.692	37.04.665
11. Canal de Santa Maria	10.59.342	37.05.784
12. Lixeira da Terra Dura	10.54.477	37.09.794

Observação: valores das coordenadas geográficas expressos em graus, minutos e milésimos de minuto.

III. Modelo de questionário sócio-ambiental aplicado pelos monitores ambientais

1. Informações Gerais									
F14001	Qual o tipo de instalação?								
	1	Residencial (área urbana)	2	Residencial (área rural)	3	Industrial			
	4	Comercial	5	Agropecuária	6	Outros			
F14002	Quantas pessoas residem e ou trabalham na instalação?								
	1	Até 10	2	Entre 11 e 30	3	Acima de 31			
2. Subprodutos									
F14003	Qual a destinação final do lixo gerado na instalação?								
	1	Queimado	2	Enterrado	3	Meio ambiente			
	4	Lixão	5	Aterro controlado	6	Aterro sanitário			
F14004	Destinação final de efluentes (esgoto) dos banheiros da instalação:								
	1	Sistema de captação municipal	2	Tratamento na instalação	3	Fossa séptica			
	4	Fossa negra	5	Fossa biodigestora	6	Céu aberto			
F14005	Destinação final dos demais efluentes (esgoto) da instalação:								
	1	Sistema de captação municipal	2	Tratamento na propriedade	3	Fossa séptica			
	4	Fossa negra	5	Fossa biodigestora	6	Céu aberto			
F14006	Qual o tratamento de água para consumo humano?								
	1	Filtrada	2	Fervida	3	Clorada			
	4	Tratamento combinado	5	Água mineral de galão/garrafa	6	Sem tratamento (direto da torneira)			
3. Uso da terra									
F14007	Há utilização de produtos químicos na instalação?								
	1	Sim	2	Não					
F14008	Qual a frequência de aquisição desses produtos?								
	1	Semanal	2	Mensal	3	Semestral			
	4	Anual	5		6				
F14009	Qual a utilização desses produtos químicos?								
	1	Higiene/limpeza	2	Intensivo agrícola	3	Processo industrial			
	4	Outros							
4. Fator Saúde									
F140010	As ocorrências mais frequentes de doenças estão ligadas?								
	1	Vômitos e diarreia	2	Febre / gripe / dengue	3	Doenças sexualmente transmissíveis			
5. Fator econômico									
F140011	Qual a área ocupada pela instalação?								
	1	Até 1 há	2	Até 10 há	3	Acima de 10 ha			
F140012	O proprietário reside na instalação?								
	1	Sim	2	Não					
F140013	Qual a relação mais direta da instalação com a bacia do Rio Poxim?								
	1	Pesca	2	Captação de água	3	Emissão de efluentes			
	4	Produção agropecuária /cultivos	5	Outra	6	Nenhuma			
F140014	Há algum tipo de queimada/emissão de gases na instalação?								
	1	Sim	2	Não					
F140015	O que é queimado?								
	1	Mata	2	Lixo	3	Embalagens			
	4	Folhas/galhos/plantações	5	Processo industrial	6	Nada			
6. Informações sobre estrutura do município									
F140016	O sistema de coleta municipal de lixo atende a instalação?								
	1	Sim	2	Não					
7. Fonte de água									
Latitude: _____ Longitude: _____ Código: _____									
F140017	Existem vestígios de animais nas proximidades da fonte de obtenção de água?								
	1	Sim	2	Não					
F140018	Há vazamentos aparentes na tubulação de água?								
	1	Sim	2	Não					
F140019	Há fossas próximas ao local de captação de água?								
	1	Sim	2	Não					
F140020	Há depósitos de lixo próximos ao local de captação de água?								
	1	Sim	2	Não					
F140021	Há depósitos de embalagens químicas próximo ao local de captação de água?								
	1	Sim	2	Não					
F140022	Houve a necessidade de mudar o local de captação?								
	1	Sim	2	Não					
F140023	Qual o motivo que levou à mudança de local?								
	1	Contaminação da antiga fonte	2	Local inicial era inadequado					
F140024	Houve a necessidade de troca da bomba por uma mais potente?								
	1	Sim	2	Não					
F140025	A fonte de captação é perene?								
	1	Sim	2	Não					